C 5-39

MINISTÉRIO DA DEFESA

EXÉRCITO BRASILEIRO

ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO

Manual de Campanha

# INSTALAÇÕES NA ZONA DE COMBATE

1ª Edição
2002

C 5-39

MINISTÉRIO DA DEFESA

EXÉRCITO BRASILEIRO

ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO

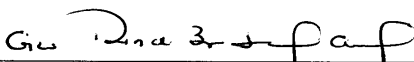
## Manual de Campanha

# INSTALAÇÕES NA ZONA DE COMBATE

1ª Edição
2002

Preço: R$

CARGA

EM.................

## PORTARIA Nº 099-EME, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2002

Aprova o Manual de Campanha C 5-39 - Instalações na Zona de Combate, 1ª Edição, 2002.

**O CHEFE DO ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO,** no uso da atribuição que lhe confere o artigo 113 das IG 10-42 - INSTRUÇÕES GERAIS PARA A CORRESPONDÊNCIA, AS PUBLICAÇÕES E OS ATOS ADMINISTRATIVOS NO ÂMBITO DO EXÉRCITO, aprovadas pela Portaria do Comandante do Exército nº 041, de 18 de fevereiro de 2002, resolve:

Art. 1º Aprovar o Manual de Campanha **C 5-39 - INSTALAÇÕES NA ZONA DE COMBATE**, 1ª Edição, 2002, que com esta baixa.

Art. 2º Determinar que esta Portaria entre em vigor na data de sua publicação.

Gen Div RICARDO BARBALHO LAMELLAS
Chefe Interino do Estado-Maior do Exército

## NOTA

**Solicita-se aos usuários destas instruções provisórias a apresentação de sugestões que tenham por objetivo aperfeiçoá-la ou que se destinem à supressão de eventuais incorreções.**

**As observações apresentadas, mencionando a página, o parágrafo e a linha do texto a que se referem, devem conter comentários apropriados para seu entendimento ou sua justificação.**

**A correspondência deve ser enviada diretamente ao EME, de acordo com o artigo 108 Parágrafo Único das IG 10-42 - INSTRUÇÕES GERAIS PARA A CORRESPONDÊNCIA, AS PUBLICAÇÕES E OS ATOS ADMINISTRATIVOS NO ÂMBITO DO EXÉRCITO, aprovadas pela Portaria do Comandante do Exército nº 041, de 18 de fevereiro de 2002.**

# ÍNDICE DOS ASSUNTOS

# CAPÍTULO 1

# INTRODUÇÃO

## 1-1. GENERALIDADES

**a.** A construção e manutenção das instalações de campanha se inserem em uma das tradicionais missões afetas à Arma de Engenharia, no contexto da medidas visando à proteção da tropa. Todas as construções são classificadas como trabalhos técnicos de instalações, exceto as que se referem às estradas, pontes e organização do terreno.

**b.** Dentre os trabalhos técnicos de instalações destacam-se os estacionamentos de tropas, instalações de comando, logísticas e administrativas, hospitais, depósitos, oficinas, campos de prisioneiros de guerra (PG), oleodutos, campos de pouso, ancoradouros e terminais.

**c.** Nos trabalhos de instalações, além do princípio da utilização imediata dos trabalhos, destaca-se a característica da progressividade dos trabalhos. Ressalta-se, ainda, a máxima utilização dos recursos locais.

**e.** Pela grande importância de que se reveste o assunto, torna-se necessária a existência de uma fonte de informações e consulta comuns para a tropa, padronizando conhecimentos e procedimentos, voltada para os elementos responsáveis pela coordenação e execução dos trabalhos.

## 1-2. FINALIDADE

Este manual destina-se a apresentar as informações necessárias para o planejamento, execução e manutenção dos trabalhos técnicos de instalações na zona de combate (Z Cmb). Visa, também, padronizar conhecimentos e procedimentos, sem a pretensão de esgotar quaisquer dos assuntos tratados, visto serem todos de grande complexidade e extensão. Desta forma pretende, tão somente, servir de diretriz básica para o desenvolvimento dos conhecimentos necessários aos militares da Arma de Engenharia.

## 1-3. OBJETIVO

Apresentar os trabalhos técnicos de instalações a serem executados pelas unidades de engenharia, nos escalões brigada (Bda), divisão de exército (DE) e exército de campanha (Ex Cmp).

## 1-4. RESPONSABILIDADES

**a.** A engenharia (Eng) é responsável por todas as construções militares na Z Cmb, exceto as comunicações e os trabalhos de organização do terreno (OT) de responsabilidade de todas as armas, serviço e quadro. Assim, guarda a responsabilidade pela conservação e reparação de todas as instalações militares e pela operação dos serviços necessários a essas instalações (água, luz, esgotos).

**b.** Como assessor técnico do comandante, o engenheiro deve, a qualquer momento, estar em condições de informá-lo sobre a capacidade e condições de utilização das instalações e sobre os meios necessários à execução dos trabalhos. Para isso deve acionar os reconhecimentos cabíveis.

# CAPÍTULO 2

# APROVEITAMENTO DOS RECURSOS LOCAIS

## 2-1. DEFINIÇÃO

**a.** Aproveitar os recursos locais significa utilizar os materiais naturais de construção disponíveis. Esses materiais, na maioria das vezes, são encontrados na própria Z Cmb. Em cada região, a escassez ou abundância destes materiais dependem quase que exclusivamente das características geológicas locais.

**b.** Os materiais naturais de construção mais comumente utilizados nas instalações são:

(1) argila;
(2) areia;
(3) saibro;
(4) cascalho;
(5) pedregulho;
(6) piçarra; e
(7) madeira.

## 2-2. ARGILA

**a.** Material fino de cor vermelha, marrom ou amarela, cujos grãos não são visíveis a olho nu. Quando seca apresenta elevada resistência, não podendo ser esmagada pelos dedos. Quando úmida forma uma massa plástica podendo ser moldada. (Fig 2-1)

**b.** As argilas vermelhas ou amarelas, lateríticas são encontradas, geralmente, na superfície do terreno, em camadas com espessuras variáveis, em torno de metros, apresentando-se, quase sempre, em grandes volumes.

**c.** Argilas pretas ou cinzas são encontradas nas várzeas dos rios e, em camadas pouco espessas, na superfície do terreno sobre o qual se desenvolvem

as plantas. Não devem ser utilizadas como tijolos por não apresentarem propriedades satisfatórias.

**d.** É importante não confundir argila com silte. Enquanto a argila tem uma característica ligante, o silte, que é um material parecido, pois também seus grãos são muito finos, apresenta péssimas características técnicas.

**e.** O silte se distingue da argila por dificultar a moldagem quando úmido e oferecer pouca resistência à pressão dos dedos quando seco.

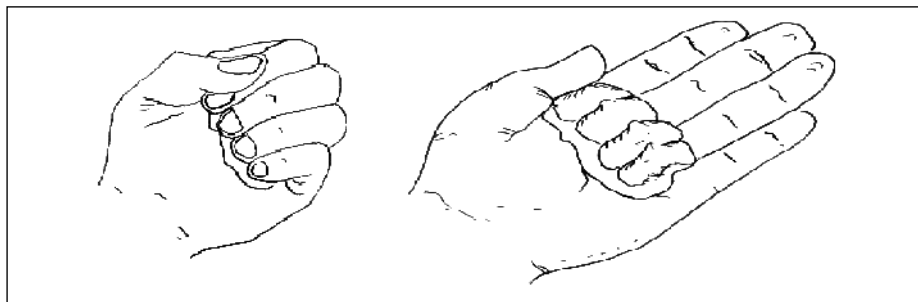



Fig 2-1.

**f.** A argila é utilizada na confecção de tijolos e enchimento de paredes em casas de pau-a-pique. Pode-se fabricar tijolos simples com argila, como, por exemplo, o tijolo "adobe", que é feito com uma forma de madeira nas dimensões do tijolo e preenchida com argila. Deixa-se secar ao sol, sem a necessidade de ir ao forno. O tijolo "adobe" apresenta uma resistência menor que a do tijolo seco ao forno, entretanto, possui características técnicas satisfatórias em instalações provisórias.

## 2-3. AREIA

**a.** Material granular constituído por grãos com diâmetro variando de 0,05 mm a 4,8 mm, de cores claras, cujas partículas são visíveis a olho nu. Quando seca seus grãos ficam soltos.

**b.** As areias puras são encontradas principalmente sob duas formas:

(1) em várzeas e leitos dos rios, comumente conhecidas como areias lavadas de rio (Fig 2-2);

(2) em camadas na superfície de terreno, comumente conhecidas como areias de barranco, sendo, neste caso, mais avermelhadas ou amareladas. Esta forma de ocorrência é mais comum em regiões de relevo suave (Fig 2-3).

**c.** Os volumes destas ocorrências são geralmente grandes. A retirada de pequenas quantidades de areia lavada de um rio pode ser feita com Eqp Eng. Necessitando-se de grandes quantidades, pode-se utilizar dragas para uma produção maior.

**d.** A areia de barranco pode ser retirada com a utilização de Eqp Eng de acordo com o terreno.

**e.** A areia apresenta diversas utilizações, sendo de mais amplo emprego na confecção de argamassas e concretos. Muitas vezes é utilizada como material filtrante. No terreno, se confinada, se presta como excelente material de fundação.

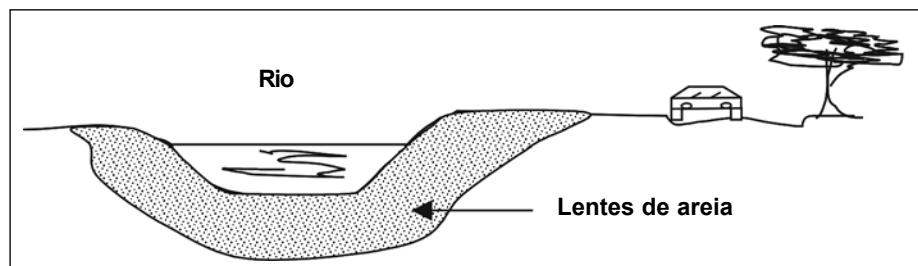



Fig 2-2. Areias lavadas de rio

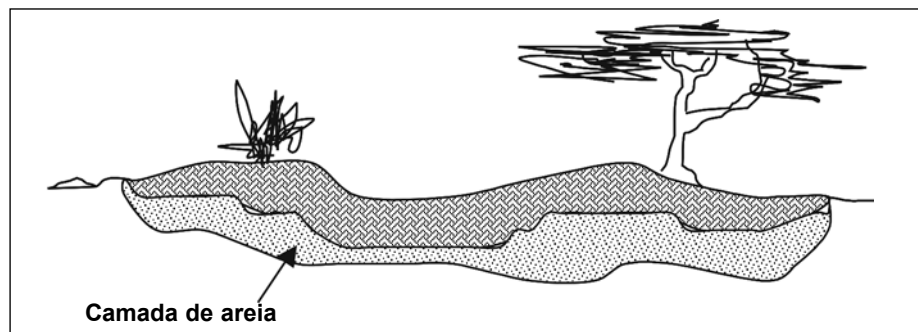



Fig 2-3. Areias de barranco

## 2-4. SAIBRO

**a.** Termo regional referente a material granular composto geralmente por areia e silte provenientes da alteração de rochas.

**b.** O volume das jazidas de saibro é muito variável.

**c.** O maior emprego do saibro é em argamassas para emboço de paredes.

## 2-5. CASCALHO E PEDREGULHO

**a.** Materiais granulares, com diâmetro acima de 4,8 mm, encontrados, principalmente, em cascalheiras nos leitos dos rios, terraços aluvionares e “linhas de seixo”, próximas ou na superfície do terreno (Fig 2-4).

**b.** Os cascalhos e pedregulhos do leito dos rios formam jazidas comumente conhecidas como cascalheiras de rio. São materiais resistentes e com formas

arredondadas (seixos rolados). O volume da cascalheira depende muito do tamanho do rio ao qual está associado, sendo, por isso, extremamente variável.

**c.** Os cascalhos e pedregulhos de terraços aluvionares e de "linhas de seixo" formam jazidas normalmente conhecidas como cascalheiras ou pedregulhos de cava. Estes materiais contém porcentagens variáveis de argila ou areia. As espessuras das "linhas de seixo" são geralmente pequenas. Para se obter um volume satisfatório há necessidade de se explorar grandes áreas do terreno, o que nem sempre é recomendável. Por este motivo, as "linhas de seixo" só devem ser exploradas em último caso. Após sua exploração, o terreno deve receber terra vegetal para que não se torne área improdutiva ou sujeita à erosão.

**d.** Os cascalhos e pedregulhos são utilizados nas instalações:
(1) em concretos, como agregado graúdo (britas);
(2) como elemento filtrante de fossa séptica;
(3) como revestimentos de terrenos.

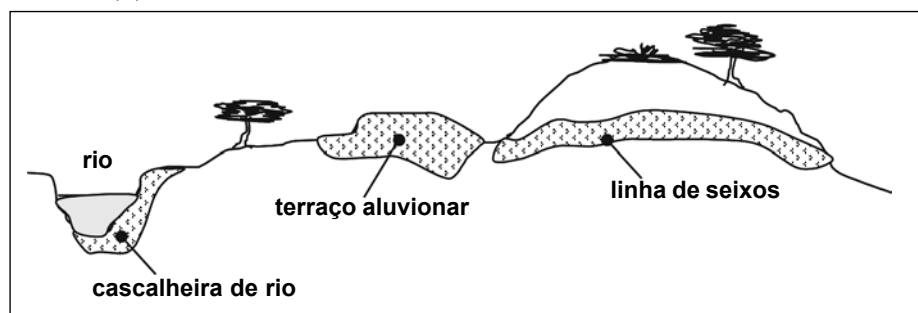



Fig 2-4. Cascalhos, pedregulhos e seixos

## 2-6. PIÇARRA

**a.** Termo regional referente a solos com material granular formado geralmente por fragmentos de rocha alterada ou fraturada. A resistência das piçarras é muito variável, dependendo sobretudo do tipo de rocha, grau de alteração e intensidade do fraturamento.

**b.** O volume destas jazidas depende da espessura da camada de rocha alterada e fraturada e de sua extensão. Em algumas regiões as jazidas de rocha alterada, principalmente quartzitos, também são chamadas "cascalheiras".

**c.** A piçarra é utilizada em grande quantidade como material de corpo de aterro ou em enchimento.

## 2-7. MADEIRA

**a.** A madeira é o material que apresenta maior resistência à compressão em relação ao peso. Entretanto, é caracterizada por uma grande variabilidade das características de resistência mecânica, mesmo se tratando de uma mesma

espécie. Essa variabilidade depende da espécie, das condições em que cresce, da parte da árvore em que foi extraída e da presença de defeitos na madeira.

**b.** Uma classificação prática divide as madeiras em dois grupos:

(1) Madeiras duras ou de lei - Provenientes da espécie frondosa ( folhas achatadas e largas), de ótima qualidade e utilizada, principalmente, em trabalhos definitivos. São cerca de 1500 espécies úteis, dentre as quais podemos destacar: peroba-do-campo, peroba-rosa, canela, imbuia, jacarandá, sucupira, maçaranduba, aroeira, cedro, etc.

(2) Madeiras moles ou brancas - Provenientes de árvores da espécie conífera (folhas parecidas com agulhas), empregadas, principalmente, como auxiliar na construção (andaimes, formas, escoramentos, etc.). Existem cerca de 400 espécies, dentre as quais o pinho-do-paraná e o pinho bravo são as únicas espécies originárias do BRASIL.

**c.** O corte das árvores deve ser feito de preferência, durante o inverno, quando a vida vegetativa é menos intensa. Após a derrubada, a tora pode ser utilizada nas formas roliça, falquejada ou desdobrada.

**d.** A madeira roliça é a mais utilizada em construções provisórias, como escoramentos, andaimes, pontes semipermanentes, suportes de caixas d’água, pilares de galpões provisórios, etc. As mais utilizadas no BRASIL são o pinho-do-paraná e o eucalipto.

# CAPÍTULO 3

# AERÓDROMOS E HELIPORTOS

## ARTIGO I

## GENERALIDADES

### 3-1. DEFINIÇÕES

**a. Campo de pouso** - expressão geralmente usada para designar um local qualquer para pouso e decolagem de aviões, com mínimo de instalações de serviço.

**b. Heliporto** - expressão geralmente usada para designar um local com um mínimo de instalações de serviços destinados ao pouso e decolagem de helicópteros.

### 3-2. CLASSIFICAÇÃO DE CAMPOS DE POUSO E HELIPORTOS

A classificação de campos de pouso e heliportos, em um teatro de operações (TO), é função tanto da categoria das aeronaves como das zonas de ação das grandes unidades (GU) onde eles serão localizados. Existem os seguintes campos de pouso e heliportos:

(1) Área de retaguarda de brigada (A Rtgd Bda);
(2) Área de retaguarda de divisão (A Rtgd Div);
(3) Área de retaguarda de exército de campanha (A Rtgd Ex Cmp);
(4) Zona de Administração (ZA).

### 3-3. CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES

**a.** As aeronaves compreendem os aviões e helicópteros.

**b. Aviões** - os aviões são classificados em seis categorias. Em cada categoria foi escolhido um tipo de avião que possue características críticas e representa os outros para fins de estabelecimento de especificações geométricas e de revestimento dos campos de pouso. As categorias são:

| CATEGORIA | AVIÃO COM CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS |
|---|---|
| LIGAÇÃO | O - 1 |
| OBSERVAÇÃO | OV - 1 |
| TRANSPORTE LEVE | C - 7A |
| TRANSPORTE MÉDIO | C-130 (HÉRCULES) |
| TRANSPORTE PESADO | C-124, C-125, C-141 |
| CAÇA | F-4C OU F-105 |

**c. Helicópteros** - há 4 (quatro) categorias e em cada uma foi escolhido um helicóptero que representa os outros para fins de estabelecimento de especificações geométricas e de revestimento para helicópteros. As categorias são:

| CATEGORIA | HELICÓPTERO COM CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS |
|---|---|
| RECONHECIMENTO E ATAQUE | HA-1 |
| EMPREGO GERAL | HM-3 |
| TRANSPORTE MÉDIO | CH-47 |
| TRANSPORTE PESADO | CH-54 |

## ARTIGO II

## PROJETO DE CAMPOS DE POUSO E HELIPORTOS

### 3-4. NOMENCLATURA E TRAÇADO GERAL

O traçado geral e a nomenclatura de campos de pouso e heliportos de um TO são apresentados nas Figuras 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 e 3-5 .

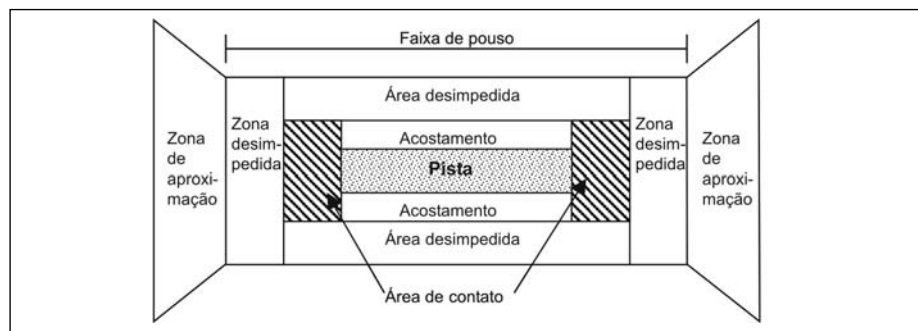



Fig 3-1. Traçado geral de campo de pouso.

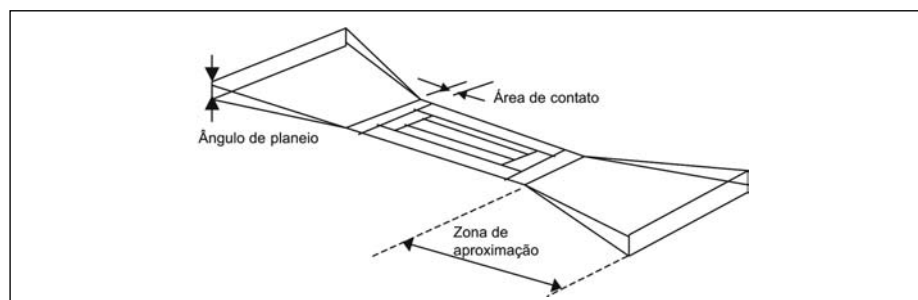



Fig 3-2. Nomenclatura de campo de pouso.

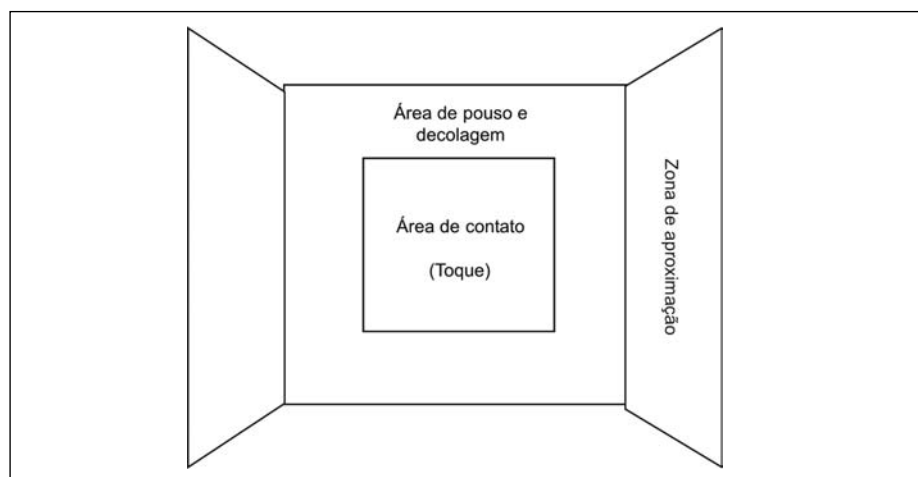



Fig 3-3. Heliporto sumário.

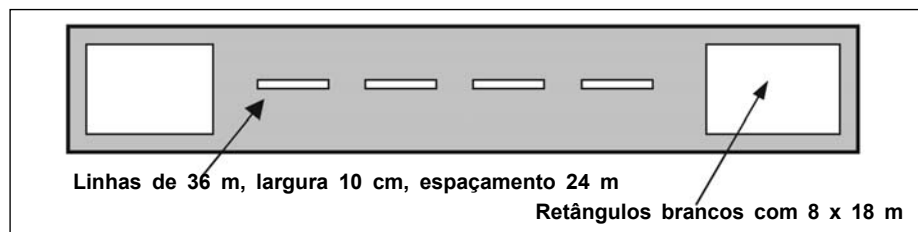



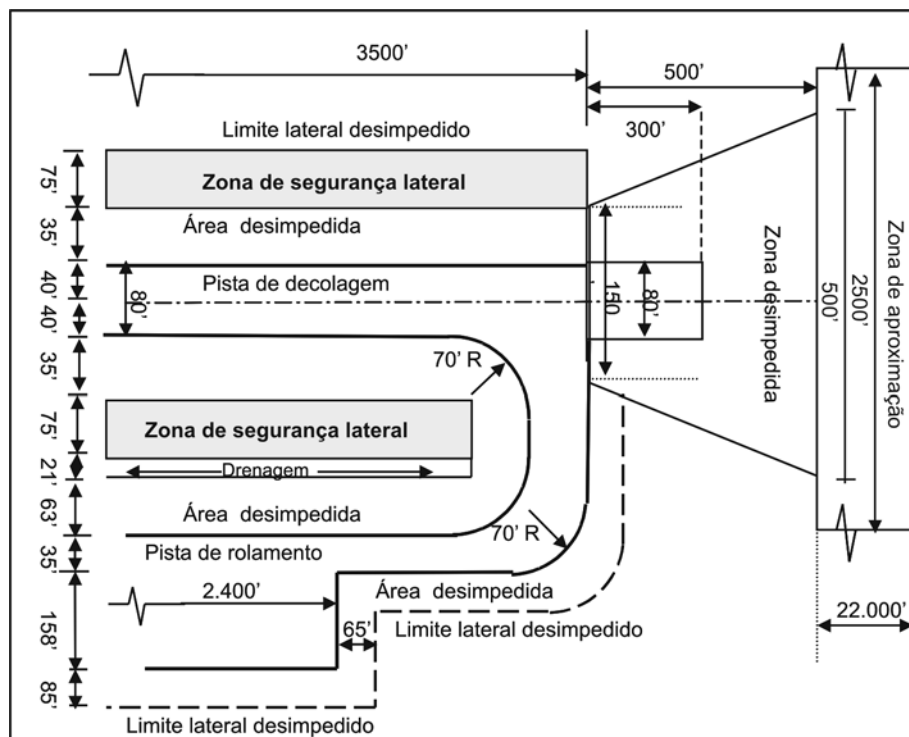
Fig 3-4.Sinalização expedita de pista.



Fig 3-5. "Lay-out" de campo de pouso de transporte leve
(medidas em polegadas).

## 3-5. ESPECIFICAÇÕES PARA O PROJETO DE CAMPO DE POUSO

**a. Vento** - Normalmente as pistas são orientadas tendo em vista a direção dos ventos predominantes. Um cuidado especial deve ser dado em relação a ventos repentinos de grande velocidade. Normalmente, o vetor vento resultante, perpendicular ao eixo longitudinal do campo, não deve ser maior do que 21 Km/h.

**b. Comprimento da pista de pouso e decolagem** - A determinação do comprimento da pista de pouso e decolagem para qualquer aeronave é de natureza

empírica e deve compreender não só os comprimentos mínimos para pouso e decolagem, mas também comprimentos suplementares para atender às variações de técnica de pilotagem, fatores psicológicos, condições de revestimentos, possíveis falhas mecânicas, condições dos ventos, neve e outros fatores.

**c.** O comprimento de pista é obtido pela aplicação de fatores de correção ao comprimento básico estabelecido para um determinado local (corrida de decolagem). A corrida de decolagem aumenta quando a densidade do ar decresce. A densidade do ar varia com as condições locais de temperatura e pressão. Os aumentos de temperatura ou de altitude reduzem a densidade do ar, tendo como conseqüência a necessidade de aumento da corrida de decolagem.

**d.** Para fins de cálculo, a temperatura a considerar é a média das temperaturas máximas que ocorrem no mês mais quente do ano.

**e.** Para as aeronaves, a corrida de decolagem, ao nível do mar, temperatura de 15º C, é dada na Tab 3-1. Para condições diferentes destas, os valores básicos da tabela devem ser corrigidos, aplicando-se a Tab 3-3.

**f.** A Tab 3-2 apresenta dados de aviões de uso militar e de aviões da Embraer, sendo o Bandeirante também de emprego militar. Estes dados são para emprego em tempo de paz na construção de pequenos aeroportos, porém as informações nele contidas podem ser utilizadas como as obtidas da Tab 3-1.

| Tipo de Campo de Pouso | Previsão de tempo de utilização | Tipo de avião | Corrida de decolagem (m) | Comprimento mínimo de pista (m) | Largura da pista (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **A Rtgd Bda** | **3 dias** | | | | |
| Trnp leve | | C - 7 A | 190 | 300 | 15 |
| Trnp médio | | C - 130 | 480 | 600 | 18 |
| **A Rtgd Div** | **2 semanas** | | | | |
| Ligação | | O - 1 | 119 | 225 | 15 |
| Observação | | OV - 1 | 600 | 750 | 18 |
| Trnp leve | | C - 7 A | 190 | 360 | 18 |
| Trnp médio | | C - 130 | 600 | 750 | 18 |
| **A Rtgd Com Ex e Ex** | **1 - 2 meses** | | | | |
| Ligação | | O - 1 | 119 | 300 | 15 |
| Observação | | OV - 1 | 600 | 900 | 18 |
| Trnp leve | | C - 7 A | 190 | 450 | 18 |
| Trnp médio | | C - 130 | 840 | 1050 | 18 |
| Trnp pesado | | C - 135 | 2010 | 2800 | 30 |
| Caça | | F - 4 C | 1200 | 1500 | 18 |
| **Zona de Adm** | **6 - 12 meses** | | | | |
| Lig, Obs, Trnp leve | | O - 1, OV - 1 e C - 7 A | 600 | 900 | 22 |
| Trnp médio | | C - 130 | 1200 | 1800 | 22 |
| Trnp pesado | | C - 135 | 2010 | 3000 | 47 |
| Caça | | F - 4 C | 1200 | 2400 | 33 |

Tab 3-1. Característica de campos de pouso e aviões utilizados em TO.

**Nota:** A corrida de decolagem pressupõe nível do mar, 15°C, sem ventos e superfície dura.

| FABRICANTE | MODELO | PMD (Kg) | TREM DE POUSO | CBP OU CD |
|---|---|---|---|---|
| EMBRAER | EMB-110 (Bandeirante) | 5670 | SIMPLES | 695 |
| HAWKER-SIDDELEY AVIATION LTD | HS-748 2A (AVRO) | 21992 | DUPLO | 927 |
| DE HAVILAND OF CANADA | DHC-5D (BUFFALO C-115) | 22316 | DUPLO | 876 |
| DOUGLAS | DC-3 (C-47) | 11350 | SIMPLES | 830 |
| LOCKHEED AIRCRAFT CORP. | C-130 H/E (HERCULES) | 70310 | 2 RODAS TANDEM | 1573 |
| EMBRAER | EMB-120 (BRASÍLIA) | 9072 | DUPLO | 1200 |
| EMBRAER | EMB-121 (XINGÚ) | 5600 | SIMPLES | 520 |
| EMBRAER | EMB-201A (IPANEMA) | 1550 | SIMPLES | 438 |
| EMBRAER | EMB-710C (CARIOCA) | 1360 | SIMPLES | 396 |
| EMBRAER | EMB-711C (CORISCO) | 1202 | SIMPLES | 488 |
| EMBRAER | EMB-720C (MINUANO) | 1542 | SIMPLES | 427 |
| EMBRAER | EMB-721C (SERTANEJO) | 1633 | SIMPLES | 515 |
| EMBRAER | EMB-810C (SENACA II) | 2073 | SIMPLES | 373 |
| EMBRAER | EMB-820C (NAVAJO) | 3175 | SIMPLES | 759 |

Tab 3-2. Aviões Militares e de Fabricação da EMBRAER

**OBSERVAÇÃO**: CBP ou CD = comprimento básico de pista = Corrida de decolagem
PMD = Peso máximo de decolagem

| 1. Corrida de decolagem (CD) | Consultar a Tabela 3-1 |
|---|---|
| 2. Correção para altitude D A = (H - 300)/300 x 0,1<br>CD1 = CD x (1 + DA) | Aumentar o comprimento da CD em 10% para cada 300 m de aumento na altitude, a partir da altitude de 300 m. |
| 3. Correção de Temperautra (*)DT = (T - 15º)/5 x 0,04 ouDT = (T - 15º)/5 x 0,07 CD2 = CD1 x (1+ DT) | Para cada 5°C acima dos 15°C, aumentar o comprimento da pista já corrigido anteriormente de 7% se CD1 ³ 1.500 m, ou de 4% se CD1 < 1.500 m |
| 4. Fator de Segurança D S = 1,5 ou 1,25<br>CD3 = CD2 x D S | Multiplicar o comprimento da pista, já corrigido anteriormente, por 1,5 para campos de ZA e por 1,25 para campos de outras áreas de retaguarda. |
| 5. Correção de inclinação longitudinal das rampas<br>D I = (I - 2) x 0,08 CD4 = CD3 x ( 1 + D I ) | Aumentar o comprimento da pista já corrigido anteriormente, de 8% para cada aumento de 1% da inclinação acima de 2%. |
| 6. Arredondamento ( múltiplo de 50 ) | O comprimento da pista já corrigido anteriormente deve ser arredondado para o múltiplo de 50 imediatamente superior. |
| 7. Verificação do comprimento mínimo necessário | Comparar o valor corrigido obtido com os dados de comprimento de pista da Tabela 1. Usar o de maior valor. |

Tab 3-3. Correções do comprimento de pista de pouso e decolagem

(*) A temperatura a considerar é a média das temperaturas máximas que ocorrem no período mais quente durante o qual forem conduzidas as operações.

**g.** É apresentada na Tab 3-4 a variação da corrida de decolagem do Hércules C-130 em função do peso de decolagem. São, ainda, apresentadas nas

Tabelas 3-5, 3-6, 3-7 e 3-8 comprimentos necessários de pista de diversas aeronaves em função da variação da temperatura e altitude.

| PMD (lb) | 100.000 | 110.000 | 120.000 | 130.000 | 140.000 | 150.000 | 155.000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CD (m) | 670 | 762 | 915 | 1067 | 1250 | 1463 | 1573 |

Tab 3-4. Variação da CD em função do PMD para o HÉRCULES C-130 E

**OBSERVAÇÃO:** PMD - Peso máximo de decolagem
CD - Corrida de decolagem

| | **Altitude em metros (m)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **T (ºC)** | **0** | **300** | **600** | **900** | **1.200** |
| **20** | 1310 | 1430 | 1550 | 1680 | 1810 |
| **25** | 1380 | 1500 | 1630 | 1750 | 1890 |
| **30** | 1440 | 1570 | 1700 | 1830 | 1970 |
| **35** | 1500 | 1630 | 1770 | 1900 | 2050 |

Tab 3-5. Comprimento de pista necessário para o HÉRCULES C-130 E com peso de decolagem de 140.000 Lb

**OBSERVAÇÃO:** CD - Corrida de decolagem em metros (m)

| | **Altitude em metros (m)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **T (ºC)** | **0** | **300** | **600** | **900** | **1.200** |
| **20** | 1260 | 1370 | 1490 | 1610 | 1740 |
| **25** | 1320 | 1440 | 1560 | 1680 | 1810 |
| **30** | 1380 | 1500 | 1630 | 1760 | 1890 |
| **35** | 1440 | 1570 | 1700 | 1830 | 1970 |

Tab 3-6. Comprimento de pista necessário para o BRASÍLIA - BEM 120 com peso de decolagem de 20.000 Lb

**OBSERVAÇÃO:** CD - Corrida de decolagem em metros (m)

| | Altitude em metros (m) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **T (ºC)** | **0** | **300** | **600** | **900** | **1.200** |
| **20** | 730 | 800 | 860 | 930 | 1010 |
| **25** | 760 | 830 | 900 | 980 | 1050 |
| **30** | 800 | 870 | 940 | 1020 | 1090 |
| **35** | 830 | 910 | 980 | 1060 | 1140 |

Tab 3-7. Comprimento de pista necessário para o BANDEIRANTE - EMB 110 c/ peso de decolagem de 12.500 Lb

**OBSERVAÇÃO:** CD - Corrida de decolagem em metros (m)

| | Altitude em metros (m) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **T (ºC)** | **0** | **300** | **600** | **900** | **1.200** |
| **20** | 1040 | 1130 | 1230 | 1330 | 1430 |
| **25** | 1090 | 1180 | 1280 | 1390 | 1490 |
| **30** | 1140 | 1240 | 1340 | 1450 | 1560 |
| **35** | 1190 | 1290 | 1400 | 1510 | 1620 |

Tab 3-8. Comprimento de pista necessário para o FOKKER - F 27 com peso de decolagem de 45.000 Lb

**OBSERVAÇÃO:** CD - Corrida de decolagem em metros (m)

## 3-6. LARGURA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Ver Tabela 3-1.

## 3-7. ESPECIFICAÇÃO PARA REVESTIMENTO EXPEDITO DE CAMPO DE POUSO

**a.** A Tabela 3-9 apresenta especificações para revestimentos expeditos de campos de pouso, correlacionando um índice de resistência de sub-leito (indice de campo de pouso) com revestimento portátil. Os campos de pouso classificam-se quanto ao revestimento expedito em dois tipos:

(1) sem revestimento - solo natural;

(2) revestimento com esteiras metálicas - As esteiras metálicas são revestimentos portáteis, de aço ou alumínio, compostas por placas metálicas

hexagonais encaixadas (presas) umas às outras compondo um mosaico flexível (esteira). As esteiras são utilizadas como reforçadores de solo aplicadas em campos de pouso e para facilitar a abordagem de portadas por viaturas. As esteiras podem ser montadas manualmente ou aplicadas por viatura especial para este fim.

**b.** O índice de campo de pouso é um valor de resistência de subleito obtido por ensaio expedito com o penetrômetro de cone. Esse ensaio substitui, quando houver urgência, os ensaios normais de CBR (Índice de Suporte Califórnia). O penetrômetro de cone para medir o índice de campo de pouso difere do penetrômetro de cone para medir a trafegabilidade de solos, quanto às dimensões do cone, hastes e graduação do micrômetro. Se for usado o penetrômetro de cone de trafegabilidade para medir o índice de campo de pouso, as leituras obtidas devem ser divididas por 50 se for usado o cone de 0,50 $in^2$ de área de base, e por 20 se o cone tiver 0,20 $in^2$ de área de base.

| TIPO DE CAMPO DE POUSO | Espec. p/revest. de pista decolagem, rolamento e pátio de estacion. para índice de campo de pouso (ICP) de: | | | | | | | Espec. p/revest. de pista decolagem, rolamento e pátio de estacion. para índice de campo de pouso (ICP) de: | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ICP mín | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-15 | ³ 15 | ICP mín | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-15 | ³ 15 |
| A Rtgd Bda | | | | | | | | | | | | | | |
| Trnp leve | 4 | S | S | S | S | S | S | 2 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp médio | 4 | E | S | S | S | S | S | 4 | S | S | S | S | S | S |
| A Rtgd Div | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligação | 3 | S | S | S | S | S | S | 2 | S | S | S | S | S | S |
| Observação | 3 | E | E | S | S | S | S | 4 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp leve | 5 | S | S | S | S | S | S | 3 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp médio | 5 | E | E | S | S | S | S | 4 | S | S | S | S | S | S |
| A Rtgd C Ex e Ex | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligação | 3 | S | S | S | S | S | S | 2 | S | S | S | S | S | S |
| Observação | 3 | E | E | S | S | S | S | 5 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp leve | 5 | S | S | S | S | S | S | 3 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp médio | 4 | E | E | E | S | S | S | 3 | E | S | S | S | S | S |
| Trnp pesado | 6 | A | E | E | E | E | S | 3 | E | E | E | S | S | S |
| Caça | 4 | E | E | E | E | E | E | | E | E | E | E | S | S |
| Zona de Adm | | | | | | | | | | | | | | |
| Lig, Obs, Trnp leve | 5 | E | E | E | S | S | S | 5 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp médio | 6 | A | E | E | E | E | S | 4 | E | E | S | S | S | S |
| Trnp pesado | 8 | A | A | E | E | E | E | 3 | E | E | E | E | S | S |
| Caça | 7 | A | E | E | E | E | E | 4 | E | E | E | E | S | S |

Tab 3-9. Especificações para revestimento expedito de campo de pouso

**OBSERVAÇÕES:**

S - solo sem revestimento;
E - revestimento em esteira metálica;
A - o índice de campo do subleito deverá ser aumentado até o valor indicado para esteira metálica.

## ARTIGO III

## PROJETO DE HELIPORTOS SUMÁRIOS

### 3-8. ESPECIFICAÇÕES PARA PROJETOS DE HELIPORTOS

**a.** As especificações geométricas mínimas de projeto para heliportos sumários são dados nas Tabelas 3-10 e 3-11- são fornecidas as especificações para revestimentos expeditos.

| DESCRIÇÃO | Área de Rg Div | | | |
|---|---|---|---|---|
| | HA - 1 | HM - 3 | CH - 47 | CH - 54 |
| Comprimento da área de contato (m) | 3,6 | 6,0 | 15 | 15 |
| Largura da área de contato (m) | 3,6 | 6,0 | 7,5 | 15 |
| Rampa da área de pouso (%) | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Rampa da área de desimpedida (%) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Comprimento da área de pouso (m) | 22 | 30 | 45 | 45 |
| Largura da área de pouso (m) | 22 | 30 | 38 | 45 |

Tab 3-10. Especificações sumárias mínimas para heliportos sumários

| TIPO DE HELIPORTO | ÍNDICE DE CAMPO DE POUSO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 - 2 | 2 - 3 | 3 - 4 | 4 - 5 | 5 - 6 | 6 - 8 | 8 - 10 | 10 - 12 | 12 - 15 | > 15 |
| A Rtgd Div (sumário) | | | | | | | | | | |
| HA - 1 | E | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| HM - 3 | E | E | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | E | E | E | E | E | E | S | S | S |
| CH - 54 | A | E | E | E | E | E | E | E | S | S |
| A Rtgd Div (completo) | | | | | | | | | | |
| HM - 3 | E | E | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | E | E | E | E | E | E | S | S | S |
| A Rtgd C Ex/ Ex (sumário) | | | | | | | | | | |
| HA - 1 | E | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| HM - 3 | E | E | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | E | E | E | E | E | S | S | S |
| CH - 54 | A | A | A | E | E | E | E | E | E | S |

Tab 3-11. Especificações para revestimentos expeditos de heliportos, relativos ao índice de campo de pouso.

CONTINUAÇÃO

| TIPO DE HELIPORTO | ÍNDICE DE CAMPO DE POUSO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 - 2 | 2 - 3 | 3 - 4 | 4 - 5 | 5 - 6 | 6 - 8 | 8 - 10 | 10 - 12 | 12 - 15 | > 15 |
| A Rtgd C Ex/ Ex (completo) | | | | | | | | | | |
| HM - 3 | E | E | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | E | E | E | E | E | S | S | S |
| CH - 54 | A | A | E | E | E | E | E | E | E | S |
| | 1 - 2 | 2 - 3 | 3 - 4 | 4 - 5 | 5 - 6 | 6 - 8 | 8 - 10 | 10 - 12 | 12 - 15 | > 15 |
| Zona Adm (sumário) | | | | | | | | | | |
| HA - 1 | E | E | S | S | S | S | S | S | S | S |
| HM -3 | E | E | E | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | E | E | E | E | E | E | S | S |
| CH - 54 | A | A | A | E | E | E | E | E | E | S |
| Zona Adm (completo) | | | | | | | | | | |
| HM - 3 | E | E | E | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | E | E | E | E | E | E | S | S |
| CH - 54 | A | A | A | E | E | E | E | E | E | S |

Tab 3-11. Especificações para revestimentos expeditos de heliportos, relativos ao índice de campo de pouso

**OBSERVAÇÕES:**

S - solo sem revestimento;
E - revestimento em esteira metálica;
A - o índice de campo do subleito deverá ser aumentado até o valor indicado para esteira metálica.

## ARTIGO IV

## OUTROS PROCEDIMENTOS

### 3-9. ESTABILIDADE DE SOLOS E CONTROLE DE POEIRA

**a.** Para diminuir a poeira dos campos de pouso não revestidos poderá ser espargida na pista: água, solução de cal, óleos e outros que permitirão uma redução temporária da poeira. Para um tratamento que dure mais tempo, poderão ser utilizados asfaltos diluídos (elemento mais apropriado - CM-70 por exemplo) ou emulsões (sendo utilizada na falta dos asfaltos diluídos) que além de combater o pó, têm, por principal função, realizar o agregamento das primeira camada do solo (1,5 cm), conferindo-lhe um aumento substancial de resistência, especialmente quanto ao desgaste por abrasão. Os asfaltos diluídos devem ser diluídos em água na proporção de 1:1. Os alfaltos e as emulsões, se possível, devem ser espargidos a uma temperatura aproximada de 60°C.

| Material | Forma do Material | Classificação de solo aplicável | Quantidades Calculadas (%) | Tempo Mínimo de Cura |
|---|---|---|---|---|
| Cimento Portland | Pó | Pedregulhos<br>Areias<br>Siltes siltes argilosos<br>Argilas | 3 - 4<br>3 - 5<br>4 - 6<br>6 - 8 | 24 horas |
| Cal Hidratada | Pó | Cascalhos argilosos<br>Argilas siltosas<br>Argilas | 2 - 4<br>5 - 10<br>3 - 8 | 7 dias |
| Cal Virgem | Pó | Cascalhos argilosos<br>Argilas siltosas<br>Argilas | 2 - 3<br>3 - 8<br>3 - 6 | 4 horas |
| Asfaltos Diluídos CR - 70 | Líquido | Areias<br>Areias siltosas<br>Areias argilosas | 5 - 7<br>6 - 10<br>6 - 10 | 1 a 3 dias |
| Asfaltos Diluídos CM - 70 | Líquido | Areias<br>Areias siltosas<br>Areias argilosas | 5 - 7<br>6 - 10 | 1 a 3 dias |
| Emulsões Asfálticas RR - 2com | Líquido | Areias<br>Areias siltosas<br>Areias argilosas | 5 - 7<br>6 - 10<br>6 - 10 | 1 a 3 dias |

Tab 3-18. Estabilizadores de solo para aumento da resistência e eliminação de pó

## 3-10. SINALIZAÇÃO EXPEDITA DA PISTA

A escolha de um sistema de sinalização de campo de pouso num TO é prerrogativa do comandante do TO. A Figura 3-4 apresenta um modelo de sinalização expedita.

## ARTIGO V

## RECONHECIMENTO

## 3-11. TIPOS DE RECONHECIMENTO

**a.** Há três tipos de reconhecimentos para escolha dos locais favoráveis a campos de pouso: reconhecimento na carta, reconhecimento aéreo e reconhecimento terrestre. Os três tipos executados em conjunto constituirão o reconhecimento combinado.

**b. Reconhecimento na Carta** - Nas cartas é feito um estudo prévio para serem determinadas as áreas mais favoráveis nas vizinhanças de uma unidade apoiada, o tipo de topografia do terreno e as estradas de acesso.

**c. Reconhecimento Aéreo** - É feito após o reconhecimento nas cartas. O Rec aéreo sozinho é normalmente incompleto e necessita que seja seguido de reconhecimento terrestre.

**c. Reconhecimento Terrestre** - É feito para serem determinadas a natureza e as condições da superfície do terreno. Seleciona a localização exata para as instalações (acantonamentos, abastecimento, etc).

## 3-12. ESCOLHA DO LOCAL

**a.** Os aspectos seguintes são importantes para a escolha do local para um campo de pouso.

**b. Facilidade de acesso** - Haverá sempre vantagem em situar o campo de pouso em local já servido por estradas que permitam fácil acesso e suprimento.

**c. Restrições (obstáculos)** - É desejável encontrar um local livre de obstáculos por toda a área do campo de pouso. A remoção de obstáculos como torres, chaminés e árvores poderá ser necessária. Fortes fatores psicológicos se opõem ao pouso em locais onde existam obstáculos, mesmo que estes sejam bem sinalizados e abaixo do ângulo de descida.

**d.** Um campo de pouso sobre uma plataforma alta, com as cabeceiras caindo imediatamente antes das áreas de contato poderá ter uma boa zona de aproximação, mas os pilotos em tal situação pousam bem afastados da área de contato.

**e.** Canais, valetas, aterros e linhas de postes existentes no final da pista tem efeito semelhante. O resultado destas reações humanas é equivalente a um encurtamento da pista e deve ser levado em conta no projeto.

**f. Condições meteorológicas** - O vento, a chuva, a neblina, a neve e o gelo são fatores a considerar na escolha do local do campo de pouso porque, isolados ou em conjunto, poderão atrasar a construção, causar danos ou restringir a utilização operacional do local.

**g.** Os dados meteorológicos são normalmente de difícil obtenção. São raras as vezes que um determinado local possua registros extensos de observações meteorológicas e para que estes regitros tenham valor é necessário que cubram um tempo consideravelmente grande.

**h.** As condições meteorológicas que se observam nas vizinhanças do local podem variar muito das que existem no próprio local em si. Isto é verdadeiro ao serem consideradas as correntes de ar descendentes, os ventos laterais, a neblina, a neve e a chuva.

(1) Ventos - Os dados ideais sobre os ventos devem conter a direção e a intensidade dos ventos predominantes; direção, intensidade e freqüência dos ventos tempestuosos; características das correntes de ar descendentes.

(2) Precipitações pluviométricas - Os dados devem incluir a precipitação média mensal, os dias prováveis das chuvas iniciais que poderão afetar a construção; a duração da estação chuvosa e outros dados como intensidade, duração e freqüência da precipitação.

(3) Temperatura, pressão e neblina - Devem ser obtidos dados sobre as variações de temperatura, pressão e os locais de neblina e nuvens baixas.

**i. Condições hidrológicas** - Estão incluídas como condições hidrológicas o nível do lençol freático e suas variações nas estações, as características das enchentes, dos cursos d'água vizinhos ao local e as condições das marés nas costas, se for o caso. O reconhecimento feito durante a estação seca, a menos que se tenha muito cuidado, poderá conduzir a enganos.

**j. Relevo** - Um local de campo de pouso com relevo favorável é aquele que se encontra em terreno elevado, com suficiente inclinação para escoamento transversal e longitudinal das águas. Deve ter uma superfície razoavelmente plana que requeira pouco movimento de terra. Quando houver necessidade de ser feita uma escolha entre um local de relevo movimentado, bem drenado e outro plano, mas úmido, deve ser feito um estudo comparativo de tempo e trabalhos para construção bem como prever-se qual a época em que o campo será utilizado.

**k. Características do solo e natureza do subleito** - As características do solo, no local, determinam se é necessária a estabilização ou pavimentação da área. A poeira excessiva poderá prejudicar as operações de pouso e decolagem e também o desempenho das aeronaves. As características do solo também determinam se a camada de revestimento poderá ser construída diretamente sobre o subleito preparado ou se será necessário a construção de uma camada de base.

**l. Vegetação** - As considerações fundamentais com relação à vegetação prendem-se ao montante de desmatamento, destocagem e retirada das raízes, daí serem necessários dados sobre a densidade dos diversos bosques e a natureza dos sistemas de raízes das árvores.

**m. Disponibilidade de materiais** - Quando houver necessidade de ser construída uma camada de base para a pista de pouso, pista de rolamento, áreas de estacionamento e estradas, haverá necessidade de grande quantidade de materiais de jazidas próximas. O reconhecimento deve incluir o estudo de jazidas fornecendo dados sobre volumes e características dos materiais.

**n. Suprimento de água** - Geralmente são necessárias grandes quantidades de água durante a construção e para uso futuro no campo. O reconhecimento deve incluir dados sobre suprimento de água.

**o. Camuflagem** - As características desejáveis do local incluem: a ausência de aspectos pronunciados do terreno e a existência de cobertas naturais para as instalações de serviço. Para facilitar a camuflagem o desmatamento deve ser criterioso e deve ser evitado o acúmulo de entulho.

**p. Defesa terrestre** - O terreno favorável à defesa é aquele que proporciona boa observação, campos de tiro, coberta e vias de transporte adequadas.

# CAPÍTULO 4

# INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS

## 4-1. PRINCIPAIS INSTALAÇÕES

**a.** As principais instalações logísticas a serem desdobradas pelas unidades de combate e apoio ao combate, na Z Cmb, são as seguintes:

(1) posto de remuniciamento;
(2) posto de socorro;
(3) área de manutenção de viaturas e armamento;
(4) área de cozinhas;
(5) posto de coleta de mortos;
(6) posto de distribuição de suprimento CL I e CL III;
(7) área de estacionamento de viaturas;
(8) posto de coleta de salvados (em caso de necessidade);
(9) posto de distribuição de outras classes (em caso de necessidade).

## 4-2. REQUISITOS PARA O DESDOBRAMENTO DAS INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS

| Instalação | Requisitos |
|---|---|
| Posto de remuniciamento | Próximo à EPS / desenfiamento.<br>Espaço para a dispersão de Vtr / solo firme e seco .<br>Facilidade para camuflagem / 300 a 500 m do P Dist Cl III. |
| Posto de socorro | Proximidade de água / posição central em relação a outras SU.<br>Proximidade do PC do Btl / fácil acesso cobertura e desenfiamento. |
| Área de manutenção de viaturas e armamento | Local coberto / proximidade de água.<br>Local plano / amplo espaço para dispersão.<br>Solo firme / 300 a 500 m do PC do Btl.<br>Próximo a estradas. |
| Área de cozinhas | Local coberto / proximidade de água.<br>Posição central / próximo ao comando.<br>Fácil acesso / espaço p/ as atividades de rancho. |

| Instalação | Requisitos |
|---|---|
| Posto de coleta de mortos | Mais à retaguarda possível / próximo à EPS .<br>Oculto da vista da tropa. |
| Posto de distribuição de suprimento CL I e CL III | Próximo à EPS / facilidade de ocultação de suprimentos volumosos.<br>Local coberto / 300 a 500 m do P Remn.<br>Solo firme / facilidade de dispersão. |
| Área de estacionamento de viaturas | Sem previsão de ataque aéreo - Av = Nv X 80 $m^2$ /Vtr.<br>Com previsão de ataque aéreo - Av = Nv X 10000 $m^2$ /Vtr.<br>Nv = Nr Vtr a estacionar.<br>Uma Vtr c/ reboque é considerada uma só viatura. |
| Posto de coleta de salvados | Próximo à EPS / próximo ao P Col Mortos.<br>Dimensões suficientes para o acondicionamento do material salvado. |

Requisitos para o desdobramento das instalações logísticas

## 4-3. DESDOBRAMENTO DAS INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS NA ZONA DE COMBATE

**a.** As unidades de combate (batalhões e regimentos), quando em 1º escalão, desdobram seus respectivos meios de apoio administrativo (instalações logísticas) em trens de combate e trens de estacionamento. As mesmas unidades, quando em Z Reu, mantém reunidos os seus meios de apoio administrativos, em princípio. (Fig 4-1)

**b. Áreas de Trens de Estacionamento de Unidade (ATE)** - É a porção de área de retaguarda da brigada onde estão reunidos os trens de estacionamento das unidades de combate (Fig 4-2).

Para a localização da área de trens de estacionamento são considerados fatores semelhantes aos indicados para a localização da área de apoio logístico. Tal localização é atribuição do(s) S4 da(s) unidade(s), em estreito entendimento com o E4 da Brigada / Divisão de Exército.

**c. Áreas de Trens de Combate de Unidade (ATC)** – É a porção da zona de ação (Z Aç) da unidade onde são reunidos elementos de apoio logístico necessários para prestar um apoio mais cerrado (Fig 4-2)

(1) Comumente fica localizada nas proximidades do posto de comando da unidade considerada, junto aos seus elementos de comando (companhia ou esquadrão de comando, estado-maior, comandante, etc).

(2) Cabe ao S4 da unidade, auxiliado diretamente pelo subcomandante da subunidade de comando e apoio, o controle da área de trens de combate.

**d. Área de Trens de Unidade** – É normal que as unidades de apoio ao combate, devido a peculiaridade de suas formas de emprego, não realizem a divisão de seus meios de apoio logístico em áreas de trens de combate e de estacionamento. Ficam, assim, os meios reunidos e localizados, quer seja próximos ao posto de comando da unidade considerada, quer seja em sua zona de reunião, (Z Reu) ou ainda numa área de trens de estacionamento de uma unidade de combate, ou mesmo numa área de apoio logístico de Bda ou de DE.

**e. Área de Trens de Subunidade (AT/SU)** – Geralmente, as subunidades (S U) em primeiro escalão reúnem seus meios de apoio logístico numa região designada como AT/SU, quase sempre localizada nas proximidades do posto de comando da subunidade considerada (Fig 4-2). Em algumas ocasiões, aqueles meios ou parte deles, podem ser desdobrados em uma área de trens de estacionamento de uma unidade de combate. (Fig 4-2)

## 4-4. INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS NA ATE, ATC, ATU e AT/SU DE APOIO AO COMBATE

**a. Área de Trens de Estacionamento (ATE)**

(1) Organização - Os trens de estacionamento das unidades são constituídos pela maior parte dos meios da subunidade de comando e apoio. Estes elementos são desdobrados na ATE da unidade e a eles se juntam elementos de manutenção e de apoio direto, destacados dos batalhões logísticos. (B Log) Eventualmente pode, ainda, se desdobrar nas ATE das unidades parte dos trens de subunidade. Para beneficiarem-se da segurança propiciada pelas áreas de trens de estacionamento, podem desdobrar-se junto às mesmas, os trens de unidade e/ou subunidade das unidades de apoio ao combate.

(2) Controle:

(a) O S4 é o responsável, perante o comandante da unidade, pelo planejamento, coordenação e supervisão das atividades logísticas, inclusive o controle dos trens da unidade. Estuda continuamente a situação, a fim de propor a oportunidade de deslocamento dos trens, facilitando o apoio às operações.

(b) Ao decidir realizar o deslocamento, o S4 , após ligar-se com o S3, aciona o reconhecimento dos itinerários e das novas áreas e expede a ordem de deslocamento que, normalmente, é verbal. O deslocamento dos trens da unidade (U) deverá ser comunicado ao E4 da GU e/ ou Cmt B Log.

(c) Cabe ao comandante da subunidade de comando e apoio (comandante dos trens de unidade) determinar a localização específica de todos os elementos desdobrados na ATE da unidade. Normalmente, destaca seu subcomandante para controlar os elementos que se deslocam para a ATC, devendo, ele próprio, permanecer na área de trens de estacionamento.

(3) Instalações - Os elementos de apoio logístico orgânicos das unidades, na ATE, basicamente instalam e operam (Fig 4-3):

(a) o posto de socorro;

(b) um posto de remuniciamento;

(c) uma área de cozinhas ;

(d) uma área de estacionamento de viaturas;

(e) postos de distribuição de suprimento Cl I e Cl III, dependendo da situação.

(4) Localização dos trens de estacionamento.

(a) Os trens de estacionamento das unidades localizam-se na área de retaguarda da brigada (Bda) e fora da área de apoio logístico. No entanto, em algumas situações onde haja a necessidade de adotar medidas de segurança mais acentuadas, os trens de estacionamento podem localizar-se no interior da área de apoio logístico da brigada, ocupando, nesse caso, a sua orla interior.

(b) A localização dos trens de estacionamento das unidades, fora da área de apoio logístico da brigada, busca atender a sua atividade fim, que , dentro de determinadas condições de segurança, presta um apoio cerrado a sua unidade. Entretanto, quando as condições de segurança forem ameaçadas, é natural que a área de apoio logístico acolha, no seu interior, os trens de estacionamento.

(c) As operações ofensivas indicam que os trens de estacionamento devem permanecer fora da área de apoio logístico da brigada, ao passo que, nas operações defensivas, a localização dos trens de estacionamento no interior da área de apoio logístico é a situação mais recomendada.

**b. Área de Trens de Combate**

(1) As unidades, em sua organização, dispõem de subunidade de comando e apoio que mobilia, com pessoal e material, as diferentes seções de estado-maior da unidade.

(2) A subunidade de comando e apoio, ao se desdobrar nas proximidades do posto de comando da unidade, conta com alguns elementos de apoio logístico (próprios e recebidos em reforço), a fim de proporcionar um apoio mais cerrado à unidade.

(3) Frações do pelotão de saúde (ou da seção de saúde) e do pelotão de manutenção e transporte (ou do pelotão de manutenção) orgânicos das unidades de combate são levados à frente. Em geral instalam e operam (Fig 4-3):

(a) um posto de remuniciamento;
(b) um posto de socorro;
(c) uma área de manutenção de viaturas e armamentos;
(d) uma área de cozinhas;
(e) uma área de estacionamento de viaturas;
(f) um posto de coleta de mortos;
(g) postos de distribuição de suprimentos Cl I e Cl III, dependo da situação.

**c. Área de Trens de Subunidade**

(1) Os trens de subunidade proporcionam apoio logístico contínuo a todos os elementos da subunidade (Fig 4-3)

(2) Organização e emprego

(a) Os trens de subunidade são constituídos do grupo de comando e do grupo de serviços, orgânicos da seção de comando da subunidade, e mais elementos de saúde (socorro e evacuação ) em reforço e viaturas de suprimento.

(b) Os trens de subunidade permanecem com a companhia, mas uma parte deles, não necessária nas áreas avançadas, pode ser deslocada para a retaguarda e se desdobrar nas áreas de trens de estacionamento ou de combate da unidade.

(c) Uma consideração importante, no que se refere ao apoio logístico na subunidade, é que as viaturas transportam uma dotação prescrita de rações, peças sobressalentes, camburões de água, combustível e lubrificantes e parte da dotação orgânica de munição da unidade, conforme o necessário.

**d. Área de Trens de Unidade e de Subunidade de Apoio ao Combate (AT U/SU)**

(1) Cabe aos elementos integrantes dos trens das unidades e subunidades de apoio ao combate prestar o apoio logístico contínuo às suas unidades e subunidades enquadrantes.

(2) As unidades e subunidades de apoio ao combate não necessitam dividir seus trens em trens de estacionamento e trens de combate, tendo em vista a própria missão dessas unidades e subunidades.

(3) De um modo geral, os elementos de apoio logístico constituintes dos trens das unidades e subunidades de apoio ao combate são semelhantes àqueles que se encontram nas unidades e subunidades de combate.

## 4-5. DISTÂNCIA DE SEGURANÇA

**a.** Todas as instalações logísticas, enquadradas em uma ATE ou ATC, durante as operações ofensivas ou defensivas devem estar a uma distância mínima da LP/LC ou do LAADA, respectivamente. A distância de segurança deverá ser modificada em função do alcance do armamento inimigo.

**b.** Para se obter a distância de segurança , pode ser usado o seguinte processo expedito:

- Toma-se o alcance de emprego do armamento inimigo (para a Bda, usa-se a artilharia leve) e abate-se a distância mínima de segurança da LP/LC ou LAADA que serve como referência para a entrada de posição desse armamento. EX: Obus 105 mm com alcance de emprego de 9,5 Km de entrar em posição a uma distância mínima de 1,5 Km da LP/LC, em conseqüência a distância de segurança a ser considerada é de 8 Km.

<table>
<tr><th>Elm</th><th>Área</th><th>Tipo de Op</th><th>Referência</th><th>Dist Mínima (Km)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Companhia</td><td rowspan="2">Trens</td><td rowspan="6">Ofensiva e Defensiva</td><td>LP/LC</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>LAADA</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Batalhão</td><td rowspan="2">Trens de Combate</td><td>LP/LC</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>LAADA</td><td>2,5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Trens de Estacionamento</td><td>LP/LC</td><td>3</td></tr>
<tr><td>LAADA</td><td>6</td></tr>
</table>

Tab 4-1. Tabela da distância mínima de segurança

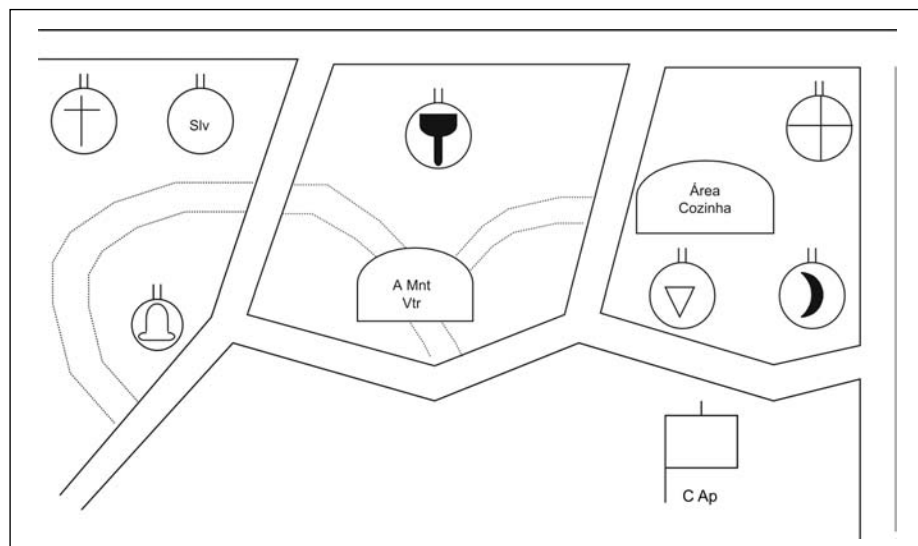



Fig 4-1. Instalações logísticas na Z Cmb.

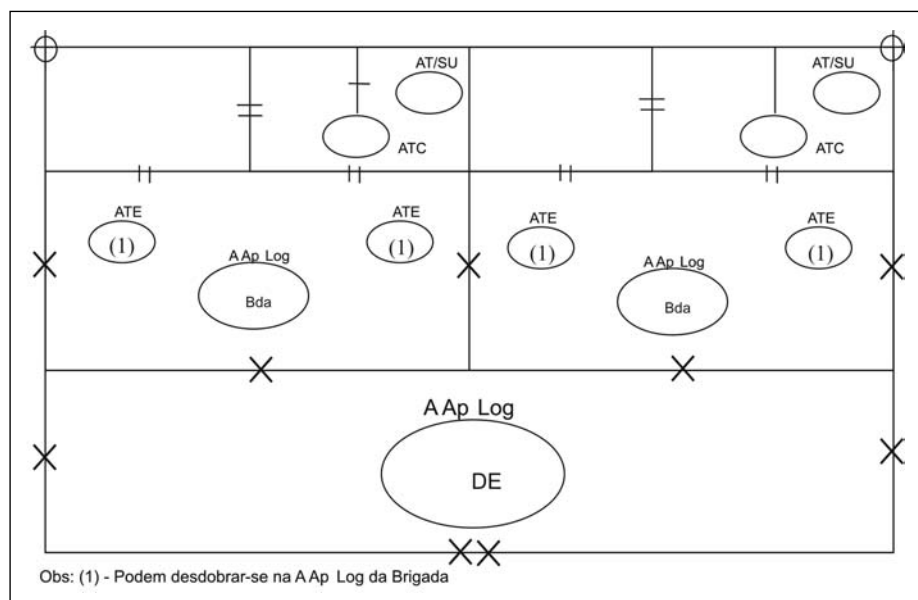



Fig 4-2. Desdobramento dos meios de apoio administrativo na DE e na Bda

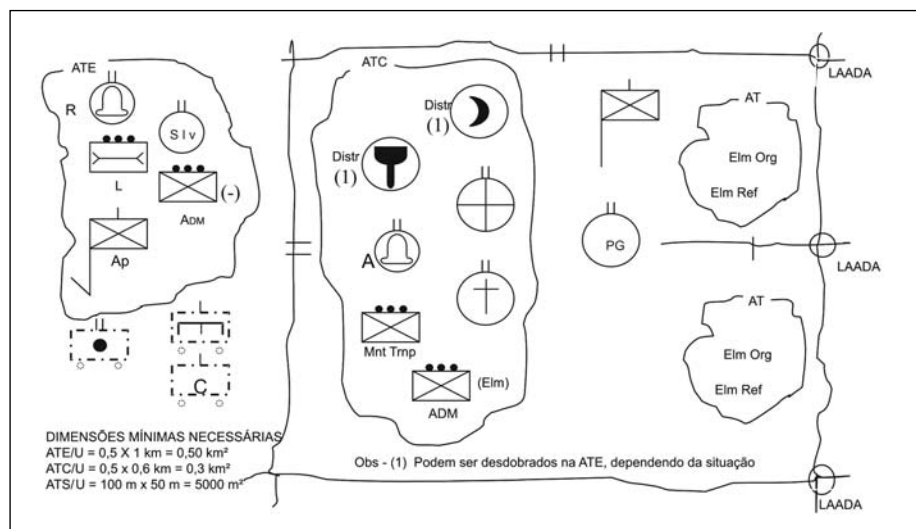



Fig 4-3. Desdobramento dos trens de unidade e subunidade.

# CAPÍTULO 5

# INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

## ARTIGO I

## GENERALIDADES

### 5-1. INTRODUÇÃO

**a.** O atendimento das necessidades em água dos seres humanos, sejam as mais variadas possíveis, envolve uma série de atividades que permitem desde a sua obtenção até o seu consumo (Fig 5-1). Tais atividades são, de igual forma, desenvolvida nos diversos TO. Tudo começa pela captação da água nos mananciais disponíveis. Após, esta água tem de ser bombeada para uma unidade de tratamento que a colocará em condições de utilização. Uma vez tratada, ela será novamente bombeada, agora, para locais de reservação; para, então, finalmente, ser distribuída para os locais de utilização que são, a nível macro, as diversas edificações. Dentro das edificações, por sua vez, ocorrerão, também, o bombeamento, a reservação e a distribuição para os pontos de consumo, atividades estas que serão tratadas dentro do assunto “instalações prediais de água fria”. Já as primeiras atividades enumeradas (até a distribuição nas edificações) são, categoricamente denominadas de:

(1) captação;
(2) bombeamento;
(3) tratamento;
(4) reservação; e
(5) distribuição.

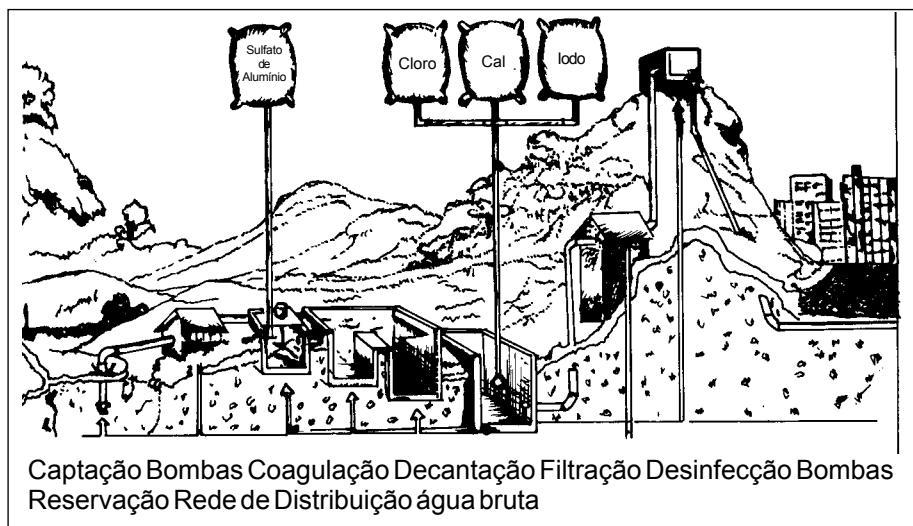



Fig 5-1. Da captação à distribuição em uma cidade.

**b.** Uma vez que o estudo minucioso de todas estas etapas torna-se por demais longo, veremos a seguir, alguma coisa a respeito de cada uma, abordando tão somente aquilo que for o mínimo indispensável para que possamos bem atuar com respeito a cada qual.

## 5-2. CAPTAÇÃO DE ÁGUA

A captação de água é feita em qualquer fonte disponível, e, na melhor delas, considerada a qualidade da água e as condições reinantes no TO. Para tanto pode-se utilizar, como fonte, as águas superficiais que envolvem rios, lagos, córregos, etc; águas subterrâneas tais como poços e outros; águas do mar; os próprios sistemas municipais de abastecimento; água de chuva, neve e gelo; e, até mesmo, a água retida na vegetação.

## 5-3. BOMBEAMENTO

**a.** Uma vez definido o manancial de abastecimento (ponto de captação), as águas precisam ser transportadas até a estação de tratamento. Isto é feito por bombeamento. O bombeamento quando realizado com o fim de atender a uma cidade ou grande conglomerado populacional toma proporções que fogem ao objetivo deste manual. O que será abordado adiante é aplicável a acantonamentos militares e a outras instalações de menor porte, sendo igualmente utilizado no dimensionamento de recalque de água em edifícios.

**b.** Assim sendo, deixaremos o assunto bombeamento para ser tratado nos parágrafos seguintes, quando trataremos de instalações prediais de água, fazendo aqui, tão somente esta breve menção.

5-4. RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

**a.** Uma vez tratada, a água necessita ser reservada para depois ser distribuída para os diversos locais em que será consumida. Os procedimentos e critérios para estabelecimento da quantidade e forma de reservação variam se considerarmos o abastecimento de cidades e áreas, ou edificações. Como aquilo que será abordado para o caso das edificações é suficiente para atender a maioria, se não todo os casos, em um TO, deixaremos, também, para o título de "Instalações Prediais", o desenvolvimento deste tópico.

**b.** No que diz respeito à distribuição, o mesmo ocorre, sendo, inclusive, adotados os mesmos métodos de dimensionamento para um e outro caso.

## ARTIGO II

## TRATAMENTO DE ÁGUA

5-5. TRATAMENTO DE ÁGUA

**a. Fontes de água**

(1) Águas superficiais.
(2) Águas subterrâneas.
(3) Água do mar.
(4) Sistemas municipais.
(5) Chuva, neve e gelo.
(6) Vegetação.

**b. Processos de tratamento de água**

(1) O ponto principal na purificação é a escolha e ordenação dos processos. Geralmente são conseguidos bons resultados utilizando-se a seguinte seqüência:

(a) coagulação;
(b) sedimentação;
(c) desinfecção;
(d) filtração; e
(e) tratamento adicional (SFC).

(2) Sistemática dos processos de tratamento

(a) Sedimentação: deposição natural das partículas mais pesadas sem adição de coagulantes, após cessar o movimento e dependendo do tamanho das partículas. Preliminar à filtração.

(b) Coagulação : adicionando-se certas substâncias coagulantes à água, as matérias em suspensão se aglomeram em partículas mais volumosas e insolúveis que se depositam com maior rapidez. A coagulação em PH ácido remove a coloração da água.

1) PH ótimo: obtido através do ensaio de floculação. É aquele onde os flocos se formam mais rapidamente. As substâncias coagulantes (Alúmen) produzem acidez, que será corrigida pela adição de uma substância alcalina (Carbonato de Sódio).

2) Floculação: formação do Hidróxido de Alumínio, que empresta aspecto leitoso à água. Nesta fase deve haver agitação.

(c) Desinfecção: eliminação de germes através de cloração, cal, iodo, permanganato de potássio ou ozônio. Universalmente convencionou-se usar o CLORO em desinfecção por ser economicamente mais viável. O cloro pode ser líquido, gasoso ou ainda o Hipoclorito de Cálcio. A quantidade de cloro residual ideal é de 1,0 ppm.

(d) Filtração:

1) Areia: em camadas de cascalho e areia fina, onde a água deixará os materiais em suspensão.

2) Diatomito: camada de Sílica Diatomácea que elimina 100% dos germes patogênicos e 90% das bactérias.

Observação: Dificuldades encontradas:

a) as partículas finas que passam pelo filtro.

b) a grande quantidade de material em suspensão entope o filtro. Para solucionar estes problemas utiliza-se o pré-tratamento com coagulação e sedimentação.

**c. Características da água**

(1) Turvação ou turbidez: aspecto lamacento provocado por matéria em suspensão.

(2) Cor: produzida por matérias corantes, oriundas dos vegetais em decomposição.

(3) Odor e sabor: surgem em conseqüência da presença de algas, certos gases, resíduos industriais ou minerais em dissolução

(4) PH : é a medida do grau de acidez ou alcalinidade da água. Utilizada no cálculo da quantidade dos produtos químicos para uma boa coagulação.

(5) Minerais em dissolução: depende do tempo de contato entre a água e as substâncias minerais.

**d. Impurezas da água**

(1) Em suspensão:

(a) microorganismos;

(b) algas; e

(c) sólidos em suspensão.

(2) Em dissolução

(a) sais de sódio, cálcio e magnésio;

(b) ferro e manganês;

(c) matéria corante vegetal; e

(d) gases.

**e. Métodos de controle**

(1) Turvação: diminuição da velocidade da correnteza; eliminação-sedimentação ou filtração.

(2) Cor: diminuição do PH ; eliminação - coagulação ou carvão ativado.

(3) Odor e sabor: eliminação - aeração, carvão ativado e sulfato de cobre.

(4) Minerais em dissolução: pesquisas químicas gerando uma reação de neutralização.

(5) Microorganismos: cloração.

**f. Qualidade e quantidade**

(1) Qualidade: a água destinada a bebida deve ser isenta de germes patogênicos, substâncias tóxicas e de qualquer cor, odor ou sabor desagradável. Qualquer água ainda não tratada deve ser considerada suspeita até ser inspecionada por um oficial do Sv Sau.

(2) Quantidade: o volume de água necessário a um Sd em Cmb, nas marchas ou em estacionamentos é dada pela Tab 5-1.

| Condições | Litros/dia | Observações |
|---|---|---|
| Combate | 02 | Absolutamente o necessário |
| | 01 a 04 | Usado para beber e, com economia, para cozinhar e higiene pessoal. |
| Marchas e estacionamentos de pequena duração | 08 | Bastante para beber, cozinhar, lavar os utensílios de cozinha e lavar mãos e rosto. |
| | 20 | Deve permitir o banho e lavagem de roupa. |
| Estacionamentos de grande duração | 20 | Não inclui banho. |
| | 40 | Incluindo banho ligeiro |
| | 60 | Banho de imersão |

Tab 5-1.

**g. P Sup Água**

(1) É o local onde a água é tratada e armazenada para sua distribuição.
(2) Deve estar situado em local de fácil acesso a Vtr.
(3) São instalados na AApLog/Bda ou DE.
(4) Deve estar próximo à EPS.

5-6. TIPOS DE EQUIPAMENTOS DE PURIFICAÇÃO DE USO MILITAR

**a. Equipamento 7VT**

**b. Equipamento 7 VR**

**c. Equipamento de purificação de água portátil** - Trata-se de um equipamento que fornece água potável aos combatentes em operações dinâmicas ou altamente descentralizadas, quando não é possível apoiá-los de maneira convencional.

(1) Emergência (SWP – filtra até 10 l)
(2) Individual (MWP – filtra até 100 l)
(3) Para Grupo de Combate (PWP – filtra até 500 l)
(4) Para Pelotão (JWP – filtra até 5.000 l)

## ARTIGO III

## INSTALAÇÕES PREDIAIS

### 5-7. GENERALIDADES

**a.** Agora que já distingüimos as diversas etapas que ocorrem desde a captação em mananciais até a distribuição da água para todas as edificações, ou, no nosso caso mais particular, para todas as instalações montadas no TO, podemos tratar de como conduzi-la por dentro destas instalações, definindo os seus reservatórios próprios e dimensionando as tubulações que a distribuirão para os diversos pontos de consumo.

**b.** No estudo das instalações prediais de água fria precisamos inicialmente definir quais são nossas necessidades de consumo, estabelecendo para tanto um consumo diário de água. Estabelecido este consumo, poderemos precisar as nossas necessidades de reservação e dimensionar as nossas caixas d'água e cisternas. Isto, também definido, passaremos a dimensionar a estação elevatória de água que se destina a levar a água armazenada nas cisternas para as caixas nas coberturas dos edifícios, dimensionando as tubulações e escolhendo a bomba a ser utilizada. A partir daí, a água é distribuída por gravidade, cabendo-nos o dimensionamento das tubulações de forma a bem atender cada ponto de consumo, seja ele um bebedouro, uma pia, um chuveiro ou outro qualquer. Estas serão as etapas seguintes de nosso estudo, estabelecendo primeiro, contudo, alguns conceitos que se farão necessários.

### 5-8. PERDAS DE CARGA

**a.** Durante o deslocamento de líquidos no interior de tubos ocorrem perdas de carga. Imaginemos as diminutas partículas de água em deslocamento como se fossem pequeninas bolinhas. Verificações práticas mostram que o escoamento de líquidos nas tubulações pode ser turbulento, isto é, com o aumento da velocidade, o líquido passa a se comportar de forma agitada, causando grandes choques entre as suas partículas e delas com as paredes do tubo. Além desses choques, verifica-se que ocorrem também atrito entre cada uma dessas partículas e suas vizinhas. Esses atritos, assim como os choques, causam uma resistência ao movimento, fazendo com que o líquido perca parte de sua energia. Isto é o mesmo que dizer que o "líquido perde pressão".

**b.** Isto ocorre, em grande parte, devido à rugosidade das paredes da tubulação, ou seja: quanto mais rugoso for o material do tubo, maior será o atrito interno, assim como maiores serão os choques. Conseqüentemente, a perda de energia do líquido será maior. O mesmo ocorrerá para uma diminuição do diâmetro do tubo, ou seja, quanto menor o diâmetro, maior a perda. Esta perda de energia que se traduz na forma de perda de pressão é o que denominamos de "perda de carga" (J).

**c.** A perda de carga na tubulação, também chamada de perda normal, é:
(1) diretamente proporcional ao comprimento da tubulação;
(2) inversamente proporcional a uma potência do diâmetro;
(3) função de uma potência da velocidade;
(4) variável com a natureza das paredes do tubo;
(5) independente da posição do tubo;
(6) independente da pressão interna sob a qual o líquido escoa; e
(7) dependente da vazão que flui no tubo.

**d.** Várias fórmulas foram desenvolvidas empiricamente para o cálculo das perdas em tubos. As principais são:

(1) fórmula de Hazen-Williams para tubos com D > 50 mm onde o valor de C é tabelado para diversos materiais (aço, PVC, ferro fundido, amianto, etc);

$$Q = 0{,}278531 \cdot C \cdot d^{2{,}63} \cdot J^{0{,}51}$$

(2) fórmula de Fair-Wipple-Hsiao para tubos de ferro galvanizado até 4” (100 mm);

$$Q = 27{,}113 . J^{0{,}632} \cdot d^{2{,}596}$$

$$J = 0{,}002021 . \frac{Q^{1{,}88}}{d^{4{,}88}}$$

(3) fórmula de Fair-Wipple-Hsiao para tubos de cobre e latão conduzindo água fria até 4”.

$$Q = 55{,}934 . J^{0{,}571} \cdot d^{2{,}714}$$

$$J = 0{,}00086 . \frac{Q^{1{,}75}}{d^{4{,}75}}$$

**e.** Como se pode observar pelas fórmulas, existe uma direta dependência da perda de carga (J) com o diâmetro da tubulação (d) e com a vazão (e logicamente, com a velocidade). Assim, não se pode definir um deles sem amarrar-se ao menos dois outros. Por esse motivo foram desenvolvidos ábacos que relacionam a perda de carga (J), a vazão (Q), a velocidade (v) e o diâmetro (D) simultaneamente. Com a fixação de duas variáveis, determina-se uma reta no ábaco que fará determinar as outras duas variáveis envolvidas no problema. Estes ábacos são apresentados nas figuras abaixo (Figuras 5-2 e 5-3).

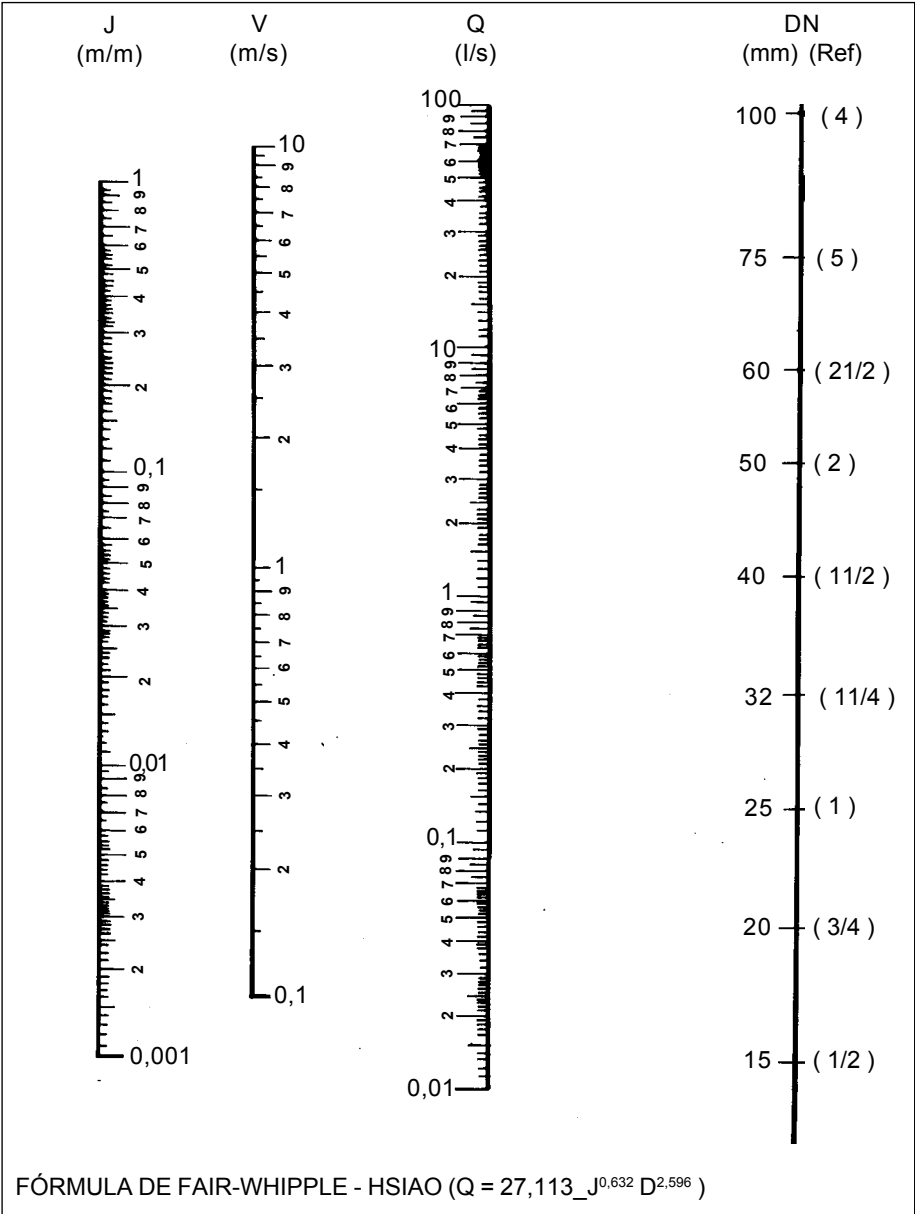



Fig 5-2. Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de aço galvanizado e ferro fundido.

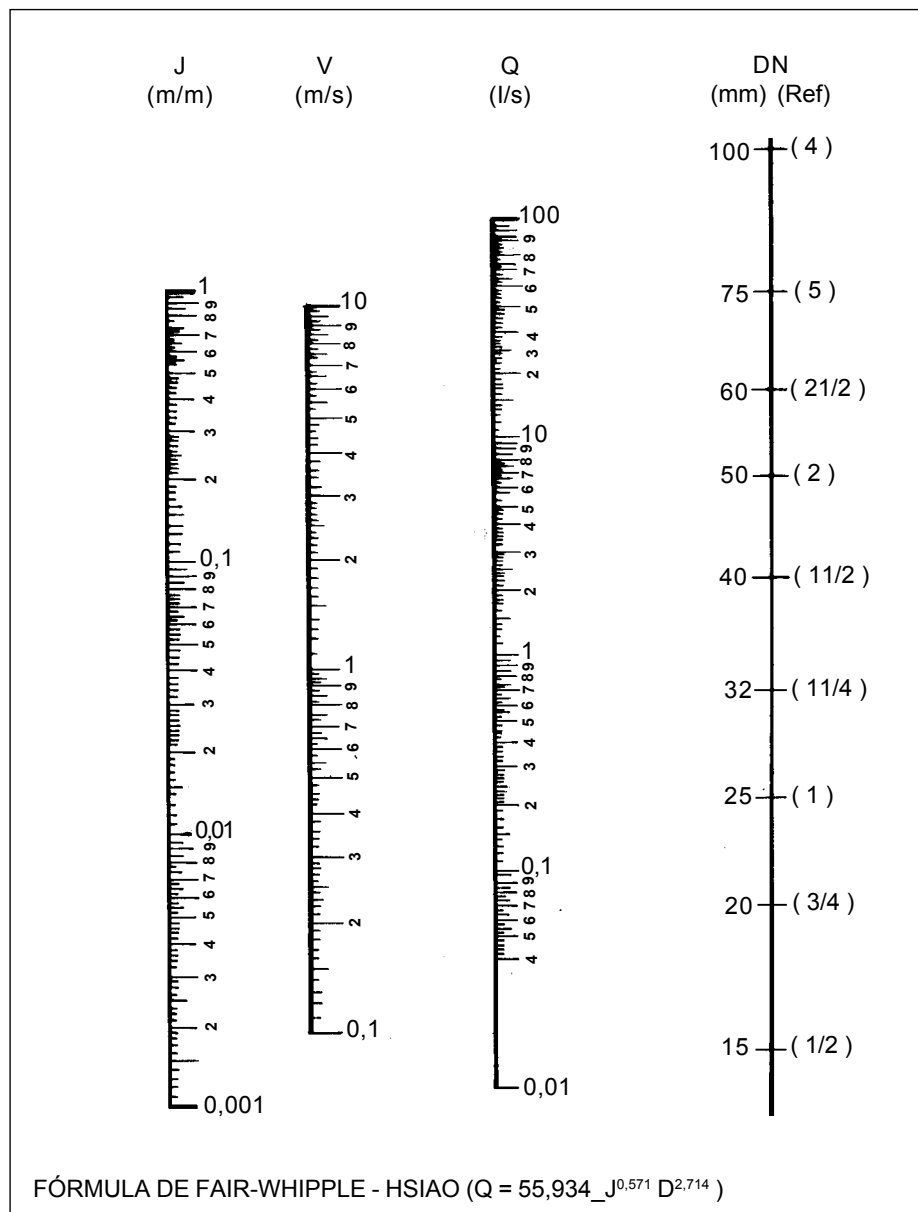
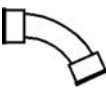
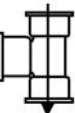



Fig 5-3. Ábaco de Fair-Wipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico.

## 5-9. PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

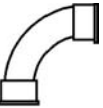
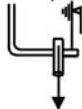
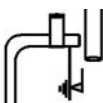
**a.** Nos casos em que a água sofre mudanças de direção de deslocamento ou sofre diminuição de diâmetro, como por exemplo em joelhos, reduções, tês,

ou seja, em que ela passa por conexões ou registros, ocorre, naqueles pontos, uma perda de carga chamada localizada. Isto é fácil de entender se pensarmos que neles há uma grande turbulência concentrada, a qual aumenta os choques entre as partículas de água.

**b.** A soma das perdas ocorridas nos tubos (perdas normais) com as ocorridas nas conexões (perdas localizadas) é chamada de perda total.

**c.** Em ensaios de laboratório, as diversas conexões utilizadas em instalações têm sua perda de carga medida. Calculando o comprimento da tubulação reta, de mesmo diâmetro, que apresentaria a mesma perda de carga apresentada pela conexão, define-se o comprimento equivalente, ou seja o comprimento equivalente é aquele que, em uma instalação, se colocado no lugar da conexão, resulta na mesma perda de carga total. Este comprimento pode ser expresso em número de diâmetros correspondentes. Assim, por exemplo, um cotovelo de 90º, que apresenta perda equivalente a 45 diâmetros, terá uma perda de 45 x 50 mm que é igual a 2250 mm em uma instalação com diâmetro de 50 mm, e, de igual forma, terá uma perda de 45 x 20 mm que é igual a 900 mm se em uma instalação de 20 mm. Observe-se que a unidade de J (perda de carga) utilizada é o metro de coluna d’água, ou seja, de altura representativa de pressão. A tabela 5-2 apresenta a relação de diversas conexões e perdas de carga expressas em número de diâmetros.

| Peça | Comprimento expresso em diâmetros (Nr D) |
|---|---|
| Ampliação gradual | 12 |
| Cotovelo de 90º | 45 |
| Cotovelo de 45º | 20 |
| Curva de 90º | 30 |
| Curva de 45º | 15 |
| Entrada normal | 17 |
| Entrada de borda | 35 |
| Junção (união) | 30 |
| Redução gradual | 6 |
| Registro de ângulo aberto | 170 |
| Registro de gaveta aberto | 8 |
| Registro de globo aberto | 350 |
| Saída de canalização | 35 |
| Tê, passagem direta | 20 |
| Tê, saída de lado | 50 |
| Tê, saída bilateral | 65 |
| Válvula de pé e crivo | 250 |
| Válvula de retenção | 100 |

Tab 5-2. Tabela de Perda de Carga Localizada – Comprimento equivalente, expressão em número de diâmetros da tubulação.

**d.** Os fabricantes de tubos e conexões ensaiam as perdas de carga das peças que produzem apresentando os resultados em tabelas. Estas tabelas apresentam valores exatos e, quando disponíveis, devem ser empregadas para os cálculos. As tabelas a seguir apresentam as perdas de carga para diversos tipos de conexões e materiais (tabelas 5-3 e 5-4).

5-10

| BITOLAS | | SOLDÁVEIS | ROSCÁVEL | JOELHO 90º | JOELHO 45º | CURVA 90º | CURVA 45º | TÊ 90º PASSAGEM DIRETA | TÊ 90º SAÍDA DE LADO | TÊ 90º SAÍDA BILATERAL | ENTRADA NORMAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DN | D Ref | DIÂMETRO INTERNO mm | DIÂMETRO EXTERNO mm | | | | | | | | |
| 15 | ½ | 20 | 21,0 | 1,1 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,7 | 2,3 | 2,3 | 0,3 |
| 20 | ¾ | 25 | 26,5 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,8 | 2,4 | 2,4 | 0,4 |
| 25 | 1 | 32 | 33,2 | 1,5 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,9 | 3,1 | 3,1 | 0,5 |
| 32 | 1 ¼ | 40 | 42,0 | 2,0 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 1,5 | 4,6 | 4,6 | 0,6 |
| 40 | 1 ½ | 50 | 48,0 | 3,2 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 2,2 | 7,3 | 7,3 | 1,0 |
| 50 | 2 | 60 | 60,0 | 3,4 | 1,5 | 1,3 | 0,7 | 2,3 | 7,6 | 7,6 | 1,5 |
| 60 | 2 ½ | 75 | 75,5 | 3,7 | 1,7 | 1,4 | 0,8 | 2,4 | 7,8 | 7,8 | 1,6 |
| 75 | 3 | 85 | 88,3 | 3,9 | 1,8 | 1,5 | 0,9 | 2,5 | 8,0 | 8,0 | 2,0 |
| 100 | 4 | 110 | 113,1 | 4,3 | 1,9 | 1,6 | 1,0 | 2,6 | 8,3 | 8,3 | 2,2 |
| 125 | 5 | 140 | 139,3 | 4,9 | 2,4 | 1,9 | 1,1 | 3,3 | 10,0 | 10,0 | 2,5 |
| 150 | 6 | 160 | 164,4 | 5,6 | 2,6 | 2,1 | 1,2 | 3,8 | 11,1 | 11,1 | 2,8 |

Tab. 5-3. Tabela de Perdas Localizadas – Comprimentos Equivalentes de Tubulação em PVC ou Cobre.

| BITOLAS | | SOLDÁVEIS | ROSCÁVEL | ENTRADA DE BORDA | SAÍDA DE CANALI-ZAÇÃO | VÁLVULA DE PÉ E CRIVO | VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE | VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO | REGISTRO DE GLOBO ABERTO | REGISTRO DE GAVETA ABERTO | REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DN | D Ref | DIÂMETRO INTERNO mm | DIÂMETRO EXTERNO mm | | | | | | | | |
| 15 | ½ | 20 | 21,0 | 0,9 | 0,8 | 8,1 | 2,5 | 3,6 | 11,1 | 0,1 | 5,9 |
| 20 | ¾ | 25 | 26,5 | 1,0 | 0,9 | 9,5 | 2,7 | 4,1 | 11,4 | 0,2 | 6,1 |
| 25 | 1 | 32 | 33,2 | 1,2 | 1,3 | 13,3 | 3,8 | 5,8 | 15,0 | 0,3 | 8,4 |
| 32 | 1 ¼ | 40 | 42,0 | 1,8 | 1,4 | 15,5 | 4,9 | 7,4 | 22,0 | 0,4 | 10,5 |
| 40 | 1 ½ | 50 | 48,0 | 2,3 | 3,2 | 18,3 | 6,8 | 9,1 | 35,8 | 0,7 | 17,0 |
| 50 | 2 | 60 | 60,0 | 2,8 | 3,3 | 23,7 | 7,1 | 10,8 | 37,9 | 0,8 | 18,5 |
| 60 | 2 ½ | 75 | 75,5 | 3,3 | 3,5 | 25,0 | 8,2 | 12,5 | 38,0 | 0,9 | 19,0 |
| 75 | 3 | 85 | 88,3 | 3,7 | 3,7 | 26,8 | 9,3 | 14,2 | 40,0 | 0,9 | 20,0 |
| 100 | 4 | 110 | 113,1 | 4,0 | 3,9 | 28,6 | 10,4 | 16,0 | 42,3 | 1,0 | 22,1 |
| 125 | 5 | 140 | 139,3 | 5,0 | 4,9 | 37,4 | 12,5 | 19,2 | 50,9 | 1,1 | 26,2 |
| 150 | 6 | 160 | 164,4 | 5,6 | 5,5 | 43,4 | 13,9 | 21,4 | 56,7 | 1,2 | 28,9 |

Tab. 5-3. Tabela de Perdas Localizadas – Comprimentos Equivalentes de Tubulação em PVC ou Cobre (Continuação)

**OBSERVAÇÃO:** Os diâmetros internos e externos indicados são aplicáveis somente a tubulações de PVC rígido.

| BITOLAS DN | D Ref | COTOVELO 90º RAIO LONGO | COTOVELO 90º RAIO MÉDIO | COTOVELO 90º RAIO CURTO | COTOVELO 45º | CURVA 90º R/D -1 1/2 | CURVA 90º R/D -1 | CURVA 45º | ENTRADA NORMAL | ENTRADA DE BORDA | SAÍDA DE CANALIZAÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | ½ | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| 20 | ¾ | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 |
| 25 | 1 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 0,7 |
| 32 | 1 ¼ | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,3 | 0,4 | 0,9 | 0,9 |
| 40 | 1 ½ | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 1,0 |
| 50 | 2 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 0,8 | 0,6 | 0,9 | 0,4 | 0,7 | 1,5 | 1,5 |
| 60 | 2 ½ | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 0,9 | 0,8 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 1,9 | 1,9 |
| 75 | 3 | 1,6 | 2,1 | 2,5 | 1,2 | 1,0 | 1,3 | 0,6 | 1,1 | 2,2 | 2,2 |
| 100 | 4 | 2,1 | 2,8 | 3,4 | 1,5 | 1,3 | 1,6 | 0,7 | 1,6 | 3,2 | 3,2 |
| 125 | 5 | 2,7 | 3,7 | 4,2 | 1,9 | 1,6 | 2,1 | 0,9 | 2,0 | 4,0 | 4,0 |
| 150 | 6 | 3,4 | 4,3 | 4,9 | 2,3 | 1,9 | 2,5 | 1,1 | 2,5 | 5,0 | 5,0 |
| 200 | 8 | 4,3 | 5,5 | 6,4 | 3,0 | 2,4 | 3,3 | 1,5 | 3,5 | 6,0 | 6,0 |
| 250 | 10 | 5,5 | 6,7 | 7,9 | 3,8 | 3,0 | 4,1 | 1,8 | 4,5 | 7,5 | 7,5 |
| 300 | 12 | 6,1 | 7,9 | 9,5 | 4,6 | 3,6 | 4,8 | 2,2 | 5,5 | 9,0 | 9,0 |
| 350 | 14 | 7,3 | 9,5 | 10,5 | 5,3 | 4,4 | 5,4 | 2,5 | 6,2 | 11,0 | 11,0 |

Tab 5-4. Tabela de Perdas Localizadas – Comprimentos Equivalentes de Conexões em Ferro e Aço Galvanizado

**OBSERVAÇÃO:** Os valores indicados para registro de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga.

| BITOLAS DN | D Ref | REGISTRO DE GAVETA ABERTO | REGISTRO DE GLOBO ABERTO | REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO | TÊ 90º PASSAGEM DIRETA | TÊ 90º SAÍDA DE LADO | TÊ 90º SAÍDA BILATERAL | VÁLVULA DE PÉ E CRIVO | VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE | VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | ½ | 0,1 | 4,9 | 2,6 | 0,3 | 1,0 | 1,0 | 3,6 | 1,1 | 1,6 |
| 20 | ¾ | 0,1 | 6,7 | 3,5 | 0,4 | 1,4 | 1,4 | 5,6 | 1,6 | 2,4 |
| 25 | 1 | 0,2 | 8,2 | 4,5 | 0,5 | 1,7 | 1,7 | 7,3 | 2,1 | 3,2 |
| 32 | 1 ¼ | 0,2 | 11,3 | 5,6 | 0,7 | 2,3 | 2,3 | 10,0 | 2,7 | 4,0 |
| 40 | 1 ½ | 0,3 | 13,4 | 6,7 | 0,9 | 2,8 | 2,8 | 11,6 | 3,2 | 4,8 |
| 50 | 2 | 0,4 | 17,4 | 8,5 | 1,1 | 3,5 | 3,5 | 14,0 | 4,2 | 6,4 |
| 60 | 2 ½ | 0,4 | 21,0 | 10,0 | 1,3 | 4,3 | 4,3 | 17,0 | 5,2 | 8,1 |
| 75 | 3 | 0,5 | 26,0 | 13,0 | 1,6 | 5,2 | 5,2 | 20,0 | 6,3 | 9,7 |
| 100 | 4 | 0,7 | 34,0 | 17,0 | 2,1 | 6,7 | 6,7 | 23,0 | 8,4 | 12,9 |
| 125 | 5 | 0,9 | 43,0 | 21,0 | 2,7 | 8,4 | 8,4 | 30,0 | 10,4 | 16,1 |
| 150 | 6 | 1,1 | 51,0 | 26,0 | 3,4 | 10,0 | 10,0 | 39,0 | 12,5 | 19,3 |
| 200 | 8 | 1,4 | 67,0 | 34,0 | 4,3 | 13,0 | 13,0 | 52,0 | 16,0 | 25,0 |
| 250 | 10 | 1,7 | 85,0 | 43,0 | 5,5 | 16,0 | 16,0 | 65,0 | 20,0 | 32,0 |
| 300 | 12 | 2,1 | 102,0 | 51,0 | 6,1 | 19,0 | 19,0 | 78,0 | 24,0 | 38,0 |
| 350 | 14 | 2,4 | 120,0 | 60,0 | 7,3 | 22,0 | 22,0 | 90,0 | 28,0 | 45,0 |

Tab. 5-4. Tabela de Perdas Localizadas – Comprimentos Equivalentes de Conexões em Ferro e Aço Galvanizado (Cont)

**OBSERVAÇÃO:** Os valores indicados para registro de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga.

## 5-10. CONSUMO DIÁRIO

**a.** Para o cálculo do consumo diário médio são utilizadas tabelas que trazem valores coletados da prática. É preciso, no entanto, que o militar, quando for determinar o consumo esperado, considere outros fatores que possam vir a mudar os dados da tabela, fruto de uma situação inusitada, como acontece em combate. O bom senso, como sempre, comandará a situação.

| ESTIMATIVA DE CONSUMO DIÁRIO | |
|---|---|
| **EDIFICAÇÃO** | **CONSUMO ( litros/dia )** |
| Alojamentos provisórios | 80 per capita |
| Casas populares ou rurais | 120 per capita |
| Residências | 200 per capita |
| Hotéis - sem cozinha e sem lavanderia | 120 por hóspede |
| Escolas - internatos | 150 per capita |
| Escolas - semi-internatos | 100 per capita |
| Escolas - externatos | 50 per capita |
| Quartéis | 150 per capita |
| Edifícios públicos ou comerciais | 50 per capita |
| Escritórios | 50 per capita |
| Cinemas e teatros | 2 por lugar |
| Templos | 2 por lugar |
| Restaurantes e similares | 25 por refeição |
| Garagens | 50 por automóvel |
| Lavanderia | 30 por Kg de roupa seca |
| Mercados | 5 por m2 de área |
| Matadouros - animais de grande porte | 300 por cabeça abatida |
| Matadouros - animais de pequeno porte | 150 por cabeça abatida |
| Postos de serviço para automóveis | 150 por veículo |
| Cavalariças | 100 por cavalo |
| Jardins | 1,5 por m2 |
| Orfanato, asilo, berçário | 150 per capita |
| Ambulatório | 25 per capita |
| Creche | 50 per capita |
| Oficina de costura | 50 per capita |
| Instalações Temporárias | |
| Homem em combate | 4 a 24 per capita |
| Bivaques | 8 a 20 per capita |
| Instalações Semipermanentes | |
| Hospitais | 200 por leito |
| Acantonamentos | 40 a 100 per capita |
| Instalações Permanentes | |
| Acantonamentos da tropa a pé e motorizada | 400 per capita |
| Acantonamentos da tropa blindada | 600 per capita |
| Hospital | 600 por leito |

Tab 5-5. Estimativa do consumo diário

## 5-11. RESERVAÇÃO

**a.** Estabelecido o consumo diário passamos a dimensionar os reservatórios da edificação que são dois, um dito inferior (a cisterna) e outro chamado de superior (a caixa d’água) por ficarem nas posições respectivas do térreo ou

subsolo e na cobertura dos edifícios.. Existem duas formas de proceder, uma ditada pela prática e outra pelas normas da ABNT, NBR 5626/82.

**b.** A prática recomenda que seja observado o seguinte:

(1) o reservatório superior (caixas d'água) deverá ser capaz de reservar o volume de um consumo diário (Cd);

(2) reservatório inferior (a cisterna) deverá ser capaz de reservar um e meio Cd; e

(3) deverão ser adicionados, em cada um, 20% do volume já calculado para guardar uma reserva para emprego em casos de incêndio.

**c. A NBR 5626/82 manda que se observe:**

(1) o reservatório superior (a caixa d'água) deverá ser capaz de reservar o volume de 2/5 do consumo diário (Cd);

(2) reservatório inferior (a cisterna) deverá ser capaz de reservar 3/5 do Cd; e

(3) deverão ser adicionados, em cada um, 20% do volume já calculado para guardar uma reserva para emprego em casos de incêndio.

## ARTIGO IV

## ELEVAÇÃO MECÂNICA DE ÁGUA - BOMBEAMENTO

### 5-12. INTRODUÇÃO

**a.** Denomina-se bombeamento ou recalque a operação pela qual realiza-se o deslocamento de fluido de uma posição para outra, através da energia comunicada a este por uma bomba. Nos casos correntes é mais comum utilizar-se o bombeamento para transpor a água do reservatório inferior para o superior dos edifícios, dos poços ou mananciais para os reservatórios elevados, dentre muitas outras utilizações.

**b.** Para o trabalho de bombeamento podem ser empregadas basicamente três tipos de bombas: centrífugas, rotativas e de êmbolo ou pistão, sendo mais empregadas as bombas centrífugas, a qual consideraremos em nossos estudos.

### 5-13. INSTALAÇÃO DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA

**a.** O conjunto de tubulações, bombas e conexões empregadas no sistema de elevação de água denominam-se estação elevatória. Nelas, são empregadas duas bombas que se alternam no uso e, ao mesmo tempo, funcionam de reserva uma para outra. À tubulação que conduz o fluido (água) do local onde é captado até a entrada da bomba denominamos de tubulação de aspiração ou sucção. À tubulação que conduz o fluido da bomba até o seu destino final (normalmente o reservatório superior) denominamos de tubulação de recalque. Nos interessa dimensionar ambas as tubulações e, ainda, determinar a capacidade da bomba e fazer a escolha da mesma entre as que tivermos disponíveis para uso.

**b.** Na instalação de bombas deve ser observado o escorvamento, operação esta que consiste em encher de água as tubulações de sucção, pois a bomba não funciona corretamente se houver ar na tubulação de aspiração (sucção). O fato pode também provocar a queima do motor que gira a bomba.

**c.** Devem existir na instalação, no mínimo, o seguinte:

(a) válvula de pé com crivo que; além de impedir a entrada de detritos na tubulação, impede o retorno do líquido, desescorvando a bomba;

(b) conjunto de registros que permitam a alternação entre as bombas e as linhas de sucção e recalque;

(c) válvula de retenção que impeça o retorno do líquido já recalcado pela tubulação de recalque;

(d) outros elementos que se façam necessários na montagem das linhas.

Na figura a seguir (Fig 5-4) pode-se identificar os elementos de uma instalação.

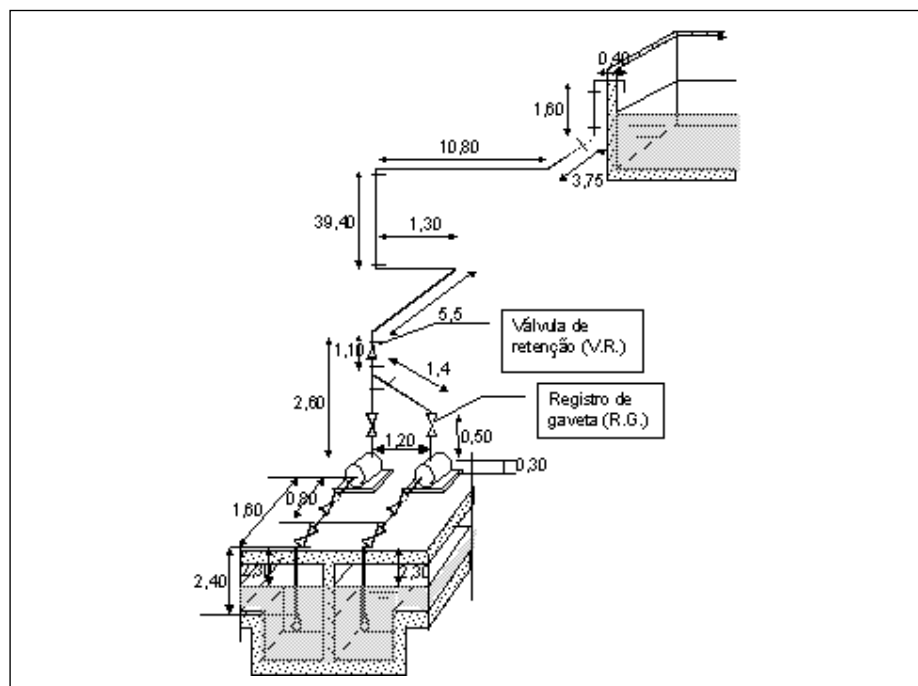



Fig 5-4 Representação isométrica de uma instalação de bombeamento

**d.** sistema de comando das bombas é feito automaticamente através de um dispositivo montado com chaves de bóia. Quando há água suficiente no reservatório inferior, o sistema é comandado pelo reservatório superior, caso contrário, pelo inferior. O dispositivo deverá desligar a bomba com o nível de água a pelo menos 10 cm acima da válvula de pé com crivo para impedir a entrada de ar no sistema.

## 5-14. TEMPO DE FUNCIONAMENTO DAS BOMBAS

Um sistema de bombeamento deve ser dimensionado para que as bombas trabalhem em três períodos de 1,5 (ou 2) hora cada, ou seja, totalizando 4,5 (ou 6) horas por dia.

## 5-15. DIÂMETRO DE ASPIRAÇÃO E RECALQUE

**a.** diâmetro da tubulação de recalque será determinado pela fórmula de Forchheimmer abaixo:

$$Dr = 1{,}3 \cdot \sqrt[4]{X} \cdot \sqrt{Q}$$

onde:

- Dr = Diâmetro da tubulação de recalque, em metros;
- X = Nr horas de funcionamento da bomba/24 horas;
- Q = vazão em $m^3/s$, Q = Cd/24 h e Cd = Consumo diário (litros)

**b.** Uma vez determinado o diâmetro Dr, o diâmetro da tubulação de aspiração (ou sucção) "Da" será o diâmetro comercial imediatamente superior da linha (fabricação) que se estiver adotando.

## 5-16. DETERMINAÇÃO DA BOMBA A SER ADOTADA

**a.** Uma bomba deve ser capaz de transmitir ao líquido energia suficiente para que ele vença:

(a) a altura estática de sucção (ou aspiração) – ha – é a altura existente entre a cota do nível da água no reservatório onde a água é captada (normalmente no reservatório inferior - cisterna) e a cota do eixo da bomba, chamada de altura estática de sucção;

(b) as perdas de carga que ocorrem no interior da tubulação de sucção – Ja – são as perdas de carga totais que ocorrem na tubulação (devido à própria tubulação – perdas normais - e às conexões nela existentes – perdas localizadas);

(c) energia cinética do fluido na entrada da bomba – $v^2/2.g$ – ao chegar na entrada da bomba, o líquido vem dotado de uma determinada velocidade que lhe confere uma energia cinética; esta energia, no entanto, também é fornecida pela bomba. Ela, normalmente, terá um valor desprezível em comparação com os demais valores envolvidos – a determinação do valor de v será feita no ábaco para determinação das perdas de carga, uma vez que se conhece a Q e o Dr, conforme visto anteriormente ;

(d) a altura estática de recalque – hr – é a altura existente entre a cota do eixo da bomba e a cota do ponto onde a água será "despejada" (normalmente a cota do ponto onde será lançada no reservatório superior);

(e) as perdas de carga que ocorrem no interior da tubulação de recalque – Jr - são as perdas de carga totais que ocorrem na tubulação (devido à própria tubulação – perdas normais - e às conexões nela existentes – perdas

localizadas);

(f) Ao total de todas estas energias que devem ser transferidas ao líquido em bombeamento chama-se altura manométrica H que é o parâmetro principal na escolha da bomba a ser utilizada. Assim, teremos a expressão:

$$H = h_r + h_a + J_r + J_a + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Define-se ainda:

$$H_a = h_a + J_a + \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

(a) Altura total de aspiração

$$H_r = h_r + J_r$$

(b) Altura total de recalque

$$J_{a(r)} = J_u \cdot l_{a(r)}$$

(c) Onde

$$H = H_a + H_r$$

(d) Altura manométrica

$$h_e = h_a + h_r$$

(e) Altura estática de elevação

## 5-17. CÁLCULO DA POTÊNCIA MOTRIZ

**a.** Se não tivermos à mão catálogos de fabricantes para uma escolha criteriosa, podemos calcular a potência de forma apenas aproximada, uma vez que iremos arbitrar um valor para o rendimento total h, o qual varia numa mesma bomba, com a descarga, a altura manométrica e o número de rotações.

**b.** Assim, supondo um rendimento h = 50% = 0,50, a potência do motor que acionará a bomba será:

$$N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

Onde:

- N = potência em c.v. (cavalos vapor)
- Q = vazão em m3/s
- H = altura manométrica em m (metros)
- η = rendimento do motor (algo em torno de 50% = 0,50)

Exemplo:

Seja dimensionar a estação elevatória sabendo-se o seguinte:

- descarga necessária Q = 15.688 l/h = 4,35 l/s;
- diâmetros de recalque Dr = 2” e Da = 2 ½”;
- considerando os dados da Fig 5-2;

Solução:

| | | m | mca |
|---|---|---|---|
| a) | Há - Altura estática de aspiração | | 2,30 |
| b) | Comprimentos | | |
| | - Comprimento real do encanamento com diâmetro de 2 ½" | | |
| | $l_a$ = 2,40 + 0,80 + 1,20 + 0,80 | 5,20 | |
| | - Comprimentos Equivalentes (conforme Fig. 13-6) - le | | |
| | 1 válvula de pé com crivo | 17,00 | |
| | 1 joelho de 90º | 2,00 | |
| | 2 registros de gaveta (2 x 0,40) | 0,80 | |
| | 2 tês de saída lateral (2 x 4,30) | 8,60 | |
| | Comprimento Total (real + equivalente) $l_t = l_a + l_e$ | 33,60 | |
| | No Ábaco de Fair-Whiple-Hsiao, entrando com Q = 4,35 l/s e Da = 2 ½", obtém-se a perda de carga unitária Ju = 0,056 m/m e A velocidade $V_o$ = 1,4 m/s | | |
| c) | Perda de carga na aspiração Ja | | |
| | Ja = Ju x $l_{lt}$ = 0,056 x 33,60 | | |
| d) | Altura representativa da velocidade | | |
| | $V_o^2 / 2.g = 1,4^2 /(2 \times 9,81) = 0,099 = 0,10$ | | 0,10 |
| | Altura Total de Aspiração Há | | 4,28 |

Altura Total de Recalque

| | | m | mca |
|---|---|---|---|
| a) | Hr - Altura estática de recalque | | 43,90 |
| b) | Comprimentos | | |
| | - Comprimento real do encanamento de recalque c/diâmetro de 2" | | |
| | $l_r$ = 0,50 + 1,40 + 1,10 + 5,50 + 1,30 + 39,40 + 10,80 + 3,75 + 1,60 + 0,40 | 65,75 | |
| | - Comprimentos Equivalentes (conforme Fig. 13-6) | | |
| | 1 registro de gaveta de 2" | 0,40 | |
| | 1 válvula de retenção 2" vertical | 6,40 | |
| | 7 joelho de 90º (7 x 1,70) | 11,90 | |
| | 1 joelho de 45º | 0,80 | |
| | 1 tê de saída lateral 2" x 2" | 3,50 | |
| | Comprimento Total (real + equivalente) $l_t = l_r + l_e$ | 87,75 | |
| | No Ábaco de Fair-Whiple-Hsiao, entrando com Q = 4,35 l/s e Dr = 2", obtém-se a perda de carga unitária Ju = 0,16 m/m e a Velocidade $v_r$ = 2,2 m/s | | |
| c) | Perda de carga no recalque Jr | | 14,20 |
| | Jr = Ju x $l_t$ = 0,16 x 87,75 | | |
| | Altura Total de recalque Hr | | **58,10** |

A altura manométrica será:

$$H = H_a + H_r = 4{,}28 + 58{,}10 = 62{,}38m$$

Cálculo da potência motriz:

$$N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 0{,}00435 \cdot 62{,}38}{75 \cdot 0{,}50} = 7{,}24cv$$

**OBSERVAÇÃO:** Adotar-se-ia uma bomba com 7,5 c.v.

## ARTIGO V

## DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

### 5-18. DEFINIÇÕES

**a.** Em campanha, sempre que necessário, deverá existir a presença de um engenheiro do QEM (Quadro de Engenheiros Militares) para a coordenação e realização de trabalhos técnicos complexos, principalmente os de cunho mais específico. Desta forma, o engenheiro de arma terá a incumbência de missões que, salvo melhor juízo, poderão ser muito bem cumpridas com conhecimentos básicos de instalações. Assim sendo, não se pretende, aqui, reproduzir um curso completo de instalações, mas estabelecer critérios e procedimentos a serem adotados de forma simplificada para a resolução das questões mais corriqueiras a cerca do assunto.

**b.** A distribuição de água para um prédio, partindo de um reservatório superior, é feita por um sistema de encanamentos que compreende:

(1) barrilete de distribuição – trata-se de um encanamento que liga entre si as duas seções do reservatório superior, ou dois reservatórios superiores, e do qual partem ramificações para as colunas de distribuição. Com isso se evita fazer a ligação de uma quantidade grande de encanamentos diretamente ao reservatório, o que é inconveniente.

(2) colunas de alimentação ou prumadas de alimentação – derivam do barrilete e, após um certo trecho na cobertura, descem verticalmente para alimentar os diversos pavimentos.

(3) ramais – são tubulações que derivam da coluna de alimentação e que servem a conjuntos de aparelhos sanitários.

(4) sub-ramais – são tubulações que ligam os ramais às peças de utilização ou aos aparelhos sanitários. Portanto, um ramal pode alimentar vários sub-ramais.

## 5-19. CONSUMO MÁXIMO POSSÍVEL E PROVÁVEL

**a.** Como é fácil de se imaginar, salvo em instalações cujos horários de funcionamento são rígidos, como quartéis, colégios, etc., nunca ocorre o caso de se utilizar todas as peças ao mesmo tempo. Há uma diversificação que representa economia no dimensionamento das canalizações. Assim, por exemplo, se uma pessoa utiliza um banheiro, poderá haver consumo d'água na banheira, no vaso sanitário, no bidê ou no lavatório, nunca em todos simultaneamente. A partir desse raciocínio, podemos dizer que existem, basicamente, dois métodos para se dimensionar instalações prediais de água fria:

(1) consumo máximo possível – quando se toma como vazão da tubulação a soma da vazão de todas as peças alimentadas, supondo todas funcionando simultaneamente;

(2) consumo máximo provável - quando se adota um número que representa o "peso" ou parcela de contribuição dos diversos aparelhos na vazão da tubulação que os alimenta, face à probabilidade de seu uso simultâneo com os demais, resultando daí um valor para a vazão Q da tubulação que não é a soma das vazões dos aparelhos que atende.

A Tabela a seguir fornece as vazões e os pesos dos diversos pontos de utilização.

| Peça de Utilização | Vazão l/s | Peso |
|---|---|---|
| Bacia sanitária com caixa de descarga | 0,15 | 0,30 |
| Bacia sanitária com válvula de descarga | 1,90 | 40,0 |
| Banheira | 0,30 | 1,0 |
| Bebedouro | 0,05 | 0,1 |
| Bidê | 0,10 | 0,1 |
| Chuveiro | 0,20 | 0,5 |
| Lavatório | 0,20 | 0,5 |
| Mictório de descarga contínua, por metro ou por aparelho | 0,075 | 0,2 |
| Mictório de descarga descontinua | 0,15 | 0,3 |
| Pia de despejo | 0,30 | 1,0 |
| Pia de cozinha | 0,25 | 0,7 |
| Tanque de lavar | 0,30 | 1,0 |

Tab 5-6. Pesos das peças de utilização

**b.** No dimensionamento pelo método do consumo máximo possível a vazão é a soma das vazões de todos os aparelhos admitidos funcionando simultaneamente.

**c.** No dimensionamento pelo método do consumo máximo provável a vazão num trecho de tubulação é dada pela fórmula:

$$Q = C \cdot \sqrt{\sum P} = 0{,}30 \cdot \sqrt{\sum P}$$

Onde:

- Q = vazão em l/s;
- C = coeficiente de descarga C = 0,30;
- $\sum$ P = soma dos pesos de todas as peças suscetíveis de utilização simultânea.

## 5-20. VELOCIDADE MÍNIMA E MÁXIMA

**a.** De acordo com a Norma NBR 5626/82 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), as velocidades máximas não devem ultrapassar a 14.ÖD, sendo D o diâmetro em metros, nem a 2,5 m/s. Esses valores de velocidade visam reduzir ruídos e vibrações que tornariam o ambiente incômodo. Não há valor mínimo para as velocidades.

## 5-21. PRESSÕES MÍNIMA E MÁXIMA

**a.** Semelhantemente à eletricidade (tensão de serviço), as peças de utilização deverão trabalhar a uma pressão mínima para o seu bom funcionamento. Por outro lado, a pressão estática máxima admissível para as peças de utilização é de 40 m de coluna d'água (40 mca). Em edifícios mais altos que isto, devem ser previstas caixas intermediárias ou válvulas redutoras de pressão.

| Aparelho | Pressão Mínima (mca) | Pressão Máxima (mca) |
|---|---|---|
| Torneira de bóia de caixa de descarga | 0,50 | 40 |
| Válvula de descarga de 1 ½" (40 mm) | 2,00 | 6 |
| Válvula de descarga de 1 ¼" (32 mm) | 3,00 | 15 |
| Válvula de descarga de 1" (25 mm) | 10,0 | 40 |
| Válvula de descarga de ¾" (20 mm) | 12,0 | 40 |
| Torneira | 1,00 | 40 |
| Chuveiro | 0,50 | 40 |
| Aquecedor a gás automático (baixa pressão) | 1,00 | 5 |
| Aquecedor a gás automático (alta pressão) | 1,00 | 40 |
| Aquecedor elétrico (alta pressão) | 0,50 | 40 |
| Aquecedor elétrico (baixa pressão) | 0,50 | 4 |

Tab 5-7. Pressões estáticas mínimas e máximas nas peças

## 5-22. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento deve ser executado partindo do ponto de utilização em direção ao reservatório superior e seguido de uma verificação em sentido inverso, que leva em conta as perdas de carga localizadas e garante a pressão mínima de serviço para os aparelhos.

## 5-23. DIMENSIONAMNETO DOS SUB-RAMAIS

Os sub-ramais são dimensionados pela tabela abaixo:

| Peças de Utilização | Diâmetro Nominal | |
|---|---|---|
| | DN (mm) | (Ref - " ) |
| Aquecedor de baixa pressão | 20 | ¾ |
| Aquecedor de alta pressão | 15 | ½ |
| Bacia sanitária com caixa de descarga | 15 | ½ |
| Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 20 mm (3/4") | 32 | 1 ¼ |
| Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 25 mm (1") | 32 | 1 ¼ |
| Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 32 mm (1 ¼") | 40 | 1 ½ |
| Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 38 mm (1 ½") | 40 | 1 ½ |
| Banheira | 15-20 | ½ - ¾ |
| Bebedouro | 15 | ½ |
| Bidê | 15 | ½ |
| Chuveiro | 20 | ¾ |
| Filtro de pressão | 15 | ½ |
| Lavatório | 15 | ½ |
| Máquina de lavar pratos | 20 | ¾ |
| Máquina de lavar roupas | 20 | ¾ |
| Mictório de descarga contínua, por metro ou por aparelho | 15 | ½ |
| Mictório auto-aspirante | 20 | ¾ |
| Pia de cozinha / de despejo | 20 | ¾ |
| Tanque de lavar roupa | 20 | ¾ |

Tab 5-8. Diâmetro dos sub-ramais

## 5-24. DIMENSIONAMNETO DOS RAMAIS DE ALIMENTAÇÃO

Dimensionamento será feito por um dos métodos abaixo:

**a.** consumo simultâneo máximo possível;

**b.** consumo simultâneo máximo provável.

## 5-25. CONSUMO SIMULTÂNEO MÁXIMO POSSÍVEL

**a.** Este método é empregado quando puder ocorrer o consumo simultâneo efetivo de todos os aparelhos. Este é o caso de quartéis, colônias de férias e outros locais onde o consumo é condicionado a horários preestabelecidos.

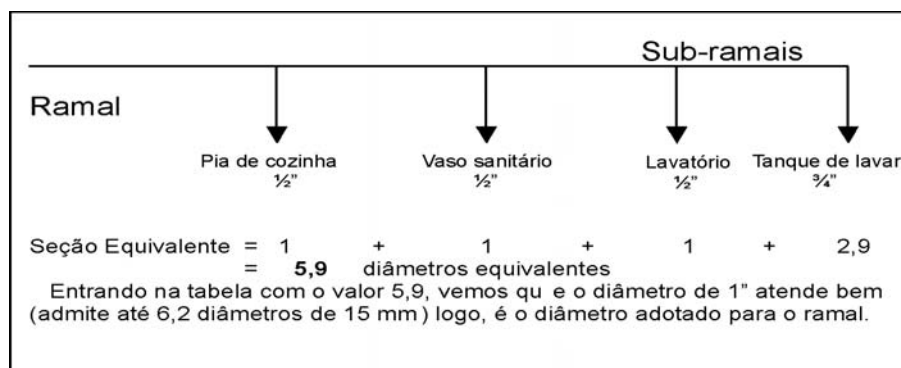
**b.** Para fácil escolha do diâmetro, toma-se como base ou unidade, o tubo de 15 mm (1/2“) e refere-se a ele os diâmetros do demais tubos. A tabela 5-9 apresenta a equivalência dos diversos tubos ao tubo de 15 mm. Assim, se quisermos dimensionar um ramal, basta converter os diversos sub-ramais que ele alimenta em pesos de equivalência, somá-los e verificar, na mesma tabela, o tubo cuja equivalência seja maior ou igual a soma das equivalências obtidas. Este será o diâmetro a adotar para o ramal.

| Diâmetro do encanamento | | Número de encanamentos de 15mm (1/2") com a mesma capacidade |
|---|---|---|
| Mm | Polegadas (") | |
| 15 | ½ | 1 |
| 20 | ¾ | 2,9 |
| 25 | 1 | 6,2 |
| 32 | 1 ¼ | 10,9 |
| 40 | 1 ½ | 17,4 |
| 50 | 2 | 37,8 |
| 60 | 2 ½ | 65,5 |
| 75 | 3 | 110,5 |
| 100 | 4 | 189,0 |
| 150 | 6 | 527,0 |
| 200 | 8 | 1.200,00 |

Tab 5-9. Equivalência

Exemplo:

Queremos dimensionar um ramal para atender às seguintes peças, imaginadas de uso simultâneo em uma instalação de serviço:

- uma pia de cozinha (½"), vaso sanitário com caixa (½"), lavatório (½") e um tanque de lavar (¾")

5-26. CONSUMO SIMULTÂNEO MÁXIMO PROVÁVEL

**a.** Como é fácil de imaginar, salvo em instalações cujos horários de funcionamento são rígidos, como quartéis, colégios, etc., nunca há o caso de se utilizarem todas as peças ao mesmo tempo. Há uma diversificação que representa economia no dimensionamento das canalizações. Assim sendo, não precisamos utilizar um diâmetro para as tubulações, que seja capaz de fornecer uma vazão igual à soma das vazões de todas as peças que alimenta, mas sim, a máxima vazão que ocorrerá quando se der o uso simultâneo de algumas delas, que mais provavelmente costumam coincidir.

**b.** Para determinar a probabilidade de uso simultâneo das diversas peças, alguns estudiosos, após longas observações e experimentos, estabeleceram pesos para cada uma, que correspondem, de uma forma indireta e aproximada, à probabilidade dela contribuir para a vazão máxima que pode ocorrer. Com base nesta vazão, então, iremos dimensionar nossa tubulação.

**c.** O método de dimensionamento consiste em:

(1) atribuem-se "pesos" às várias peças de utilização para definir suas demandas;

(2) somam-se os pesos das diversas peças: $\sum P$

(3) calcula-se a descarga necessária ao ramal utilizando a fórmula abaixo:

$$Q = 0{,}30 \cdot \sqrt{\sum P}$$

(4) obtida a descarga (vazão a considerar), com o emprego dos ábacos de dimensionamento (Fig 5-5 e 5-6) determina-se o diâmetro a utilizar, ou pode-se utilizar o ábaco para definição de diâmetros em função da soma dos pesos, a seguir:

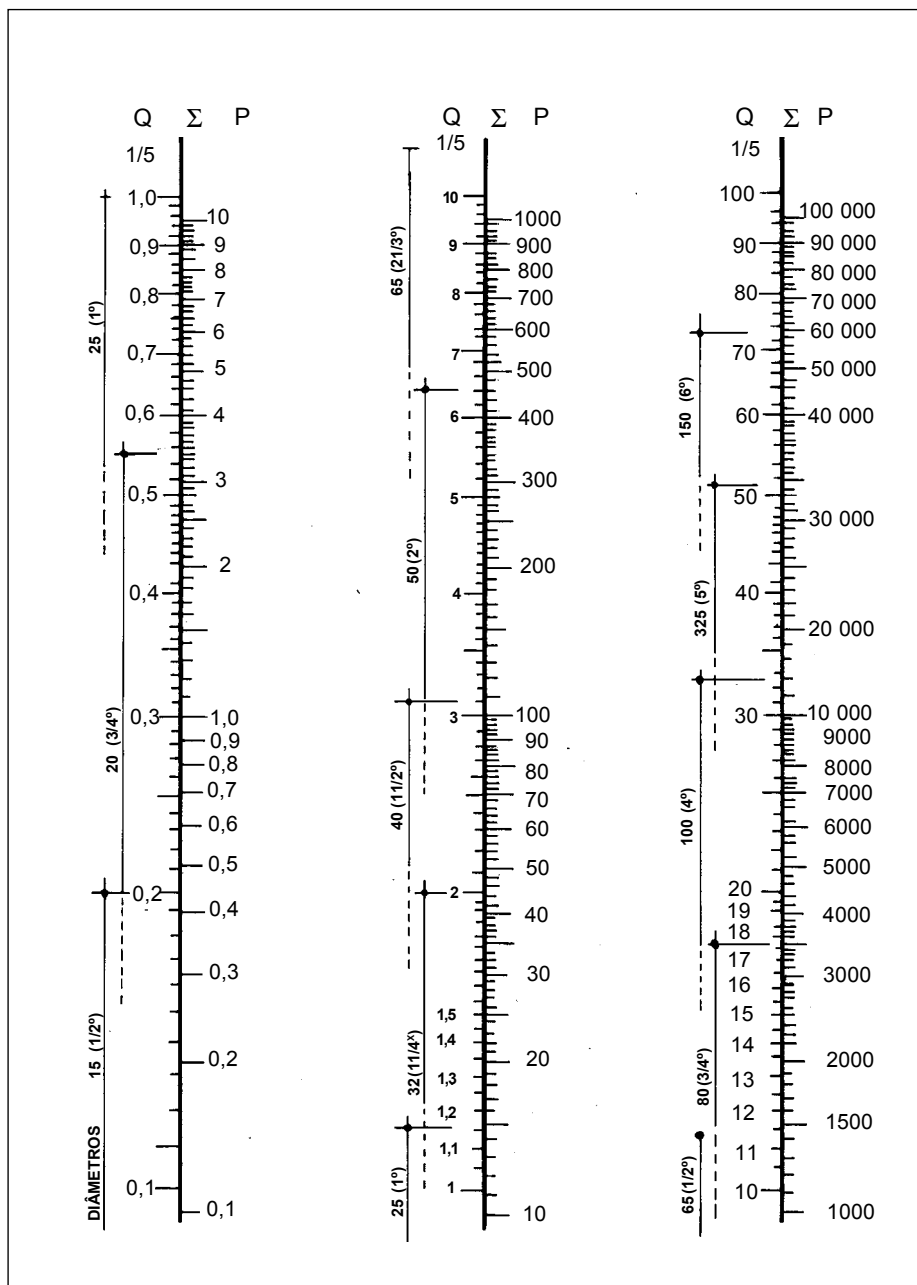



Fig 5-5. Para tubulação de ferro e aço galvanizado.

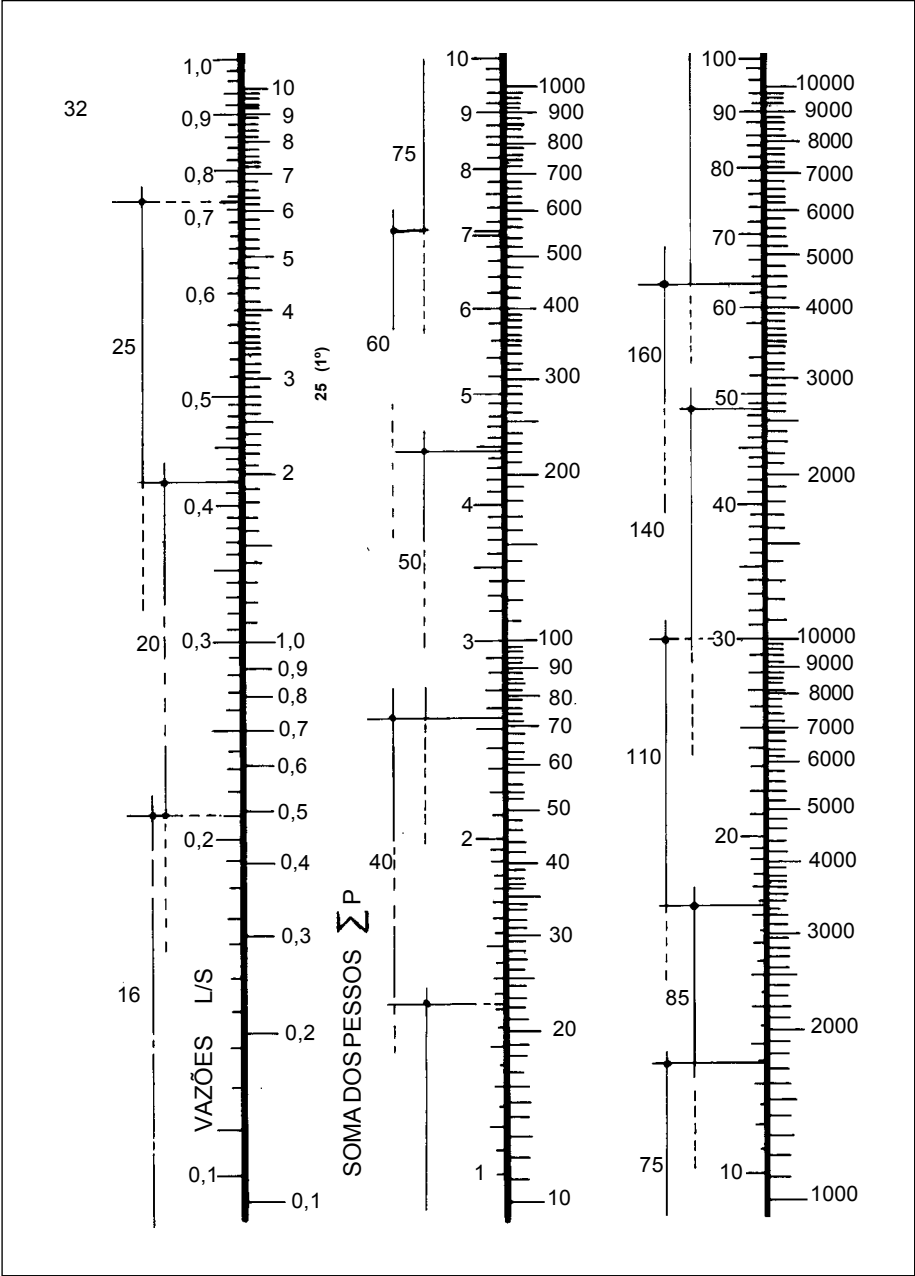



Fig 5-6. Para tubulação de PVC.

**d.** Pelo processo nunca se somam vazões (l/s), mas sim apenas pesos para todos os trechos da rede de distribuição. Somente depois de determinado o peso correspondente a um dado trecho é que se passa ao cálculo da vazão correspondente.

Exemplo:

Seja dimensionar os trechos (assinalados por letras) das tubulações da instalação do desenho abaixo:

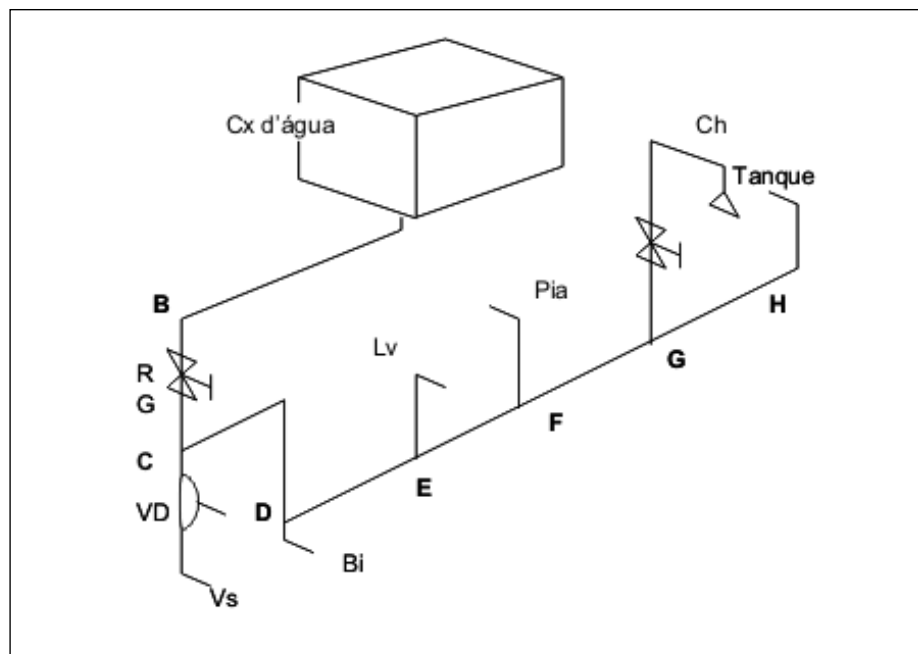



Fig 5-7. Esquema isométrico da Instalação hidráulica

**e.** Primeiramente, levantam-se os pesos das peças sanitárias da instalação:

| **Levantamento** | |
|---|---|
| **Peças** | **Pesos** |
| 1 Vaso com válvula de descarga | 40,0 |
| 1 Bidê | 0,1 |
| 1 Lavatório | 0,5 |
| 1 Chuveiro | 0,5 |
| 1 Pia de cozinha | 0,7 |
| 1 Tanque de lavar | 1,0 |
| **Soma** | **42,8** |

Tab 5-10

**f.** Após, vai-se acumulando os pesos determinados para as peças, conforme os trechos demarcados por letras (trechos da tubulação). Com o valor acumulado (pesos) entra-se no ábaco da Fig 5-5. No lado direito de cada uma das três colunas, temos as somas dos pesos. Do lado esquerdo, a bitola em mm para tubos de aço galvanizado. A Fig 5-6 apresenta o mesmo ábaco para tubulações em PVC. Se a soma cair dentro da linha pontilhada (que aparece na coluna das bitolas), deve-se usar o diâmetro imediatamente superior. Tab 5-11

| TRECHO | PESO ACUMULADO | DIÂMETRO |
|---|---|---|
| GH | 1 | 20 mm (3/4") |
| FG | 1 + 0,5 = 1,5 | 25 mm |
| EF | 1,5 + 0,7 = 2,2 | 25 mm |
| DE | 2,2 + 0,5 = 2,7 | 25 mm |
| CD | 2,7 + 0,1 = 2,8 | 25 mm |
| BC | 2,8 + 40 = 42,8 | 50 mm |

Tab 5-11

**g.** No nosso exemplo, o valor 42,8 já encosta na linha pontilhada e, portanto, deveremos usar o diâmetro 50 mm até a válvula de descarga (trecho BC). Tirando o valor de 40,0 do peso total, devido à válvula de descarga do vaso sanitário, sobra a soma de 2,8. Veja agora, na tabela, a que diâmetro corresponde este valor. Achamos a bitola de 25 mm, ou seja, ¾ “ (trecho CD). Isto significa que a partir da válvula de descarga poderemos usar tubos de 25 mm de diâmetro. Procede-se da mesma forma para os demais trechos, determinando os diâmetros mínimos a adotar.

**h.** Mesmo que os diâmetros determinados sejam diferentes, pode-se empregar o maior deles em um longo trecho da instalação para evitar excessivas mudanças de diâmetro e, com isto, facilitar a manutenção, principalmente quanto à questão das peças de reposição, desde que isto não atente contra o aspecto econômico.

**i.** Deveríamos, ainda, considerar as perdas de carga nas tubulações e conexões e calcular as pressões reinantes nos pontos de serviço da instalação, porém, para fins de aplicação em campanha, o que foi acima explanado é suficiente e mais prático de aplicar. Caso exista alguma instalação de maior vulto a ser realizada em campanha, a unidade em operação terá de contar com a presença de um engenheiro do QEM.

## 5-27. DIMENSIONAMENTO DAS COLUNAS DE ALIMENTAÇÃO

**a.** Para o cálculo das colunas de alimentação pode-se proceder exatamente como descrito no item anterior para o cálculo dos ramais, no entanto é recomendável utilizar-se a planilha de cálculo de instalações prediais de água fria, sugerida pela NBR 5626, que se presta tanto ao cálculo de ramais como de colunas de alimentação.

**b.** Como método de explanação do uso da planilha, faremos o cálculo da coluna de alimentação do exemplo apresentado na Fig 5-17. O exemplo consta de um prédio de quatro andares cuja coluna de alimentação dos banheiros queremos dimensionar. Iremos supor que a tubulação empregada seja de aço galvanizado.

**c.** A ordem de cálculo da planilha é a seguinte:

(1) marca-se o número de cada coluna de água;

(2) indica-se os trechos compreendidos entre cada dois ramais, a partir da primeira derivação que é a do barrilete. Assim temos: BC, CD, EF e FG;

(3) somam-se os pesos de cada ramal para ter-se o peso do ramal (podem ser diferentes, embora no exemplo sejam sempre iguais);

(4) somam-se os pesos de cada pavimento (ramal);

(5) calculam-se os pesos acumulados, contados de baixo para cima; e

(6) calculam-se as vazões correspondentes aos pesos acumulados, usando a fórmula:

$$Q = 0{,}30 \cdot \sqrt{\sum P}$$

**d.** Com os valores das vazões, recorre-se aos ábacos das figuras 5-2 e 5-3 para a escolha dos diâmetros e verificação das perdas de carga unitária Ju. Para isso, procura-se manter as velocidades abaixo das velocidades limites. Sugerimos procurar manter as velocidades entre os valores aproximados de 1,5 a 2,5 m/s.

(1) Verifica-se a pressão disponível. Ela deve ser capaz de atender à soma das pressões de serviço das peças de utilização do ramal (ver Tabela 5-12). Também não pode ser superior a 40 m.c.a.

(2) Faz-se a verificação da planilha.

| Aparelho ou peça | Diâmetro do sub-ramal | Descarga em l/s | Pressão mínima de serviço em mca. |
|---|---|---|---|
| Lavatório | ½ | 12 | 1 |
| Bidê | ½ | 16 | 1 |
| Banheira | ¾ | 18 | 1 |
| Aquecedor de alta pressão | 1 ½ | 18 | 1 |
| Aquecedor de baixa pressão | 1 | 18 | 0,5 |
| Chuveiro | ¾ | 18 | 0,5 |
| Mictório c/desc. contínua (m) | ½ | 4,5 | 0,5 |
| Mictório de caixa automática | ½ | 9 | 0,5 |
| Pia de cozinha | ½ | 15 | 0,5 |
| Pia de despejo | ¾ | 18 | 1,9 |

| Aparelho ou peça | Diâmetro do sub-ramal | Descarga em l/s | Pressão mínima de serviço em mca. |
|---|---|---|---|
| Tanque de lavar | ½ | 18 | 1,8 |
| Máquina de lavar prato | ¾ | 18 | 3 |
| Bebedouro | ½ | 3 | 2 |
| Vaso san. c/caixa de descarga | ½ | 9 | 0,5 |
| Vaso c/ válvula de descarga | 1 | 114 | 20 |
| Vaso c/ válvula de descarga | 1 ¼ | 114 | 8 |
| Vaso c/ válvula de descarga | 1 ½ | 114 | 3,5 |
| Vaso c/ válvula de baixa pressão | 1 ½ | 114 | 2 a 2,5 |
| Máquina de lavar roupas | ¾ | 18 | 0,5 |

Tab 5-12. Consumo e pressão nas peças e aparelhos sanitários

**e.** Passando a solução do exercício proposto, teremos:

(1) suponhamos que esta seja a nossa 3ª coluna do prédio;

(2) definição dos trechos conforme a Fig 5-7;

(3) na tabela da Tab 5-10 vemos que os pesos para vaso sanitário com válvula de descarga é de 40,0, para lavatório é de 0,5 e para o chuveiro é de 0,5;

(4) o total dos pesos das peças por ramal será de 41,0;

(5) os pesos acumulados nos diversos (4) pavimentos podem ser observados na planilha de cálculo da instalação, Tab 5-11;

(6) com os pesos acumulados, calculam-se as vazões, utilizando a fórmula mostrada;

(7) com as vazões, e buscando manter as velocidades em torno de 1,5 a 2,5 m/s, escolhemos, nos ábacos das Fig 5-2 e 5-3 os diâmetros a adotar;

(8) para os diversos diâmetros adotados, calculamos as perdas de carga unitárias (nos ábacos), e calculamos os comprimentos e perdas de carga nos trechos da coluna;

(9) pelos dados do desenho, determinamos a pressão disponível, e, deduzindo desta, a perda de carga, obtemos a pressão a jusante;

(10) os diversos cálculos necessários, conforme descritos no item c. deste parágrafo, podem ser observados na planilha de cálculo da Tab 5-13.

| COLUNAS | TRECHO | PESOS | | VAZÃO l/s | DIÂMETRO | | VELOCIDADE m/s | COMPRIMENTOS | | | PRESSÃO DISPONÍVEL | PERDA DE CARGA (mca) | | PRESSÃO A JUSANTE | | OBS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | UNIT. | ACUM | | pol | mm | | REAL m | EQUIV m | TOTAL m | | UNIT. mca/m | TOTAL mca | mca | KPa | |
| 3 | BC | 41,0 | 164 | 3,84 | 2 | 50 | 1,95 | 10,8 | 10,2 | 21 | 7,50 | 0,13 | 2,73 | 4,77 | 47,7 | |
| | CD | 41,0 | 123 | 3,33 | 2 | 50 | 1,70 | 3,0 | 3,5 | 6,5 | 7,77 | 0,10 | 0,65 | 7,12 | 71,2 | |
| | DE | 41,0 | 82 | 2,72 | 1 ½ | 40 | 2,10 | 3,0 | 2,8 | 5,8 | 10,12 | 0,20 | 1,16 | 8,96 | 89,6 | |
| | EF | 41,0 | 41 | 1,92 | 1 1/4 | 32 | 2,40 | 3,0 | 0,9 | 3,9 | 11,96 | 0,32 | 1,25 | 10,71 | 107,1 | |
| | | | | | | | | | | | | soma | 5,79 | 10,71 | 107,1 | |

Tab 5-13. Planilha de cálculo sugerida pela NBR

**Verificação:**

- Desnível do reservatório à última derivação = 7,5 + 3 x 3 = 16,5 m
- Pressão residual + perdas de cargas = 10,71 + 5,79 = 16,5 m OK
- Exemplificação dos cálculos para o primeiro trecho da coluna 3 (trecho BC):
- Pesos unitários = 40 (do vaso sanitário) + 0,5 (do lavatório) + 0,5 (do chuveiro) = 41
- Peso acumulado = 4 x 41 = 164
- Vazão Q = 0,3 x (164)1/2 = 3,84 , pelo ábaco da Fig. 13-2 adotamos o diâmetro de 2” ou 50 mm, determinamos v = 1,95 m/s e Ju = 0,13 m/m
- Comprimento real (da tubulação) = 2,5 + 4,3 + 4 = 10,8 m (ver Fig. 13-17)
- Comprimento Equivalente das Conexões (de B até C) = (1 tê saída lateral) 3,5 + (1 registro de gaveta aberto) 0,4 + (2 joelhos de raio médio) 2 x 1,4 + (1 tê de saída lateral) 3,5 = 10,2 m
- Pressão disponível = 7,5 m , por simples observação da figura, é a distância entre a cota do nível mínimo de água na caixa e a cota do ponto (C) da derivação.
- Perda de carga total = Ju (perda unitária) x Comprimento Total = 0,13 x 21 = 2,73 m
- Pressão a jusante = pressão disponível – perda de carga total = 7,5 m – 2,73 = 4,77 m.c.a. = 47,7 KPa ( 1 m.c.a. = 10 KPa )

**OBSERVAÇÃO:**

- As pressões de serviço das peças do ramal são: 2,5 m (vaso sanitário) + 1 m (lavatório) + 0,5 m (chuveiro) = 4m < 4,77 m disponível em C OK
- A pressão disponível no trecho CD do pavimento inferior será a soma da pressão a jusante obtida no trecho BC (4,77 m) com o ganho de altura do pé direito (3 m), o que fornecerá 7,77 m.

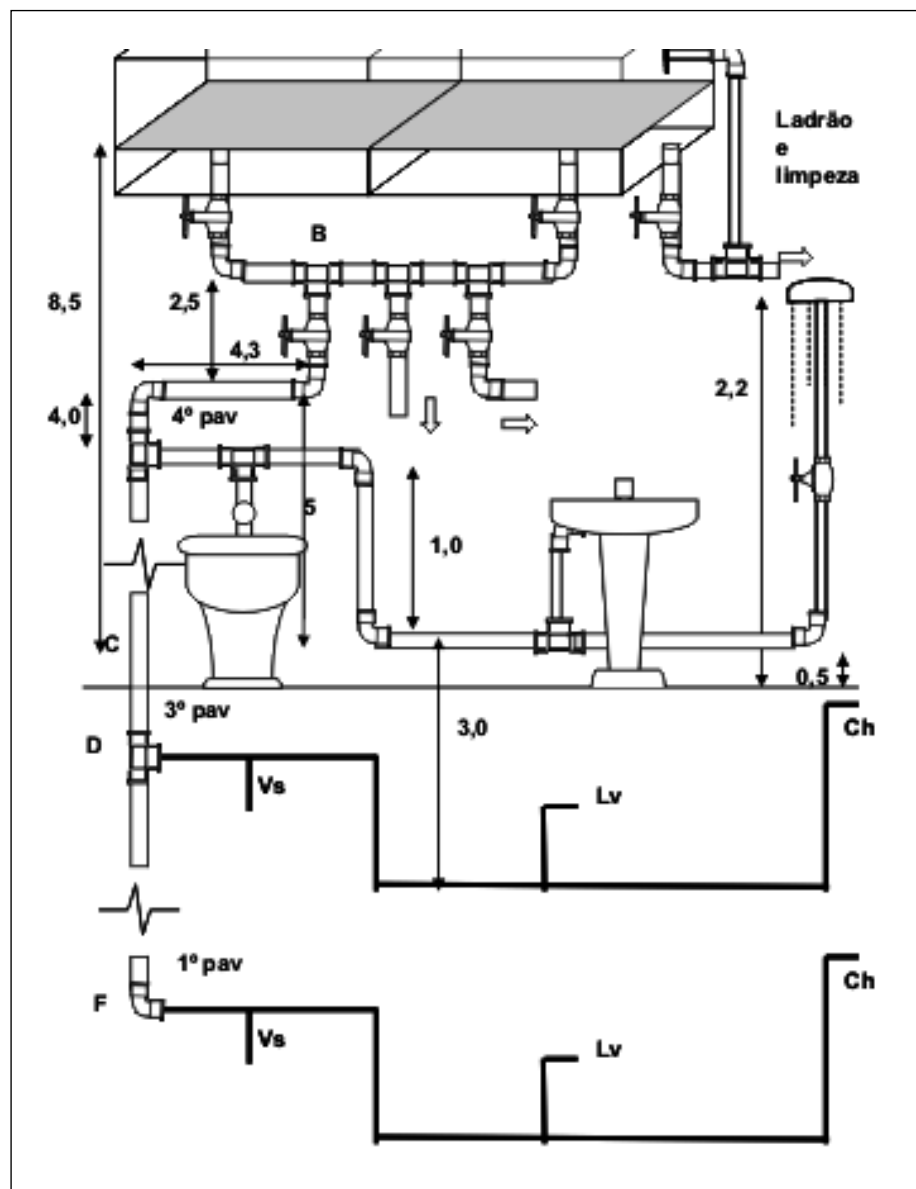



Fig 5-8. Esquema (exemplo) da distribuição de água no prédio.
Colunas de alimentação

5-28. TIPOS DE BARRILETE

**a.** Os barriletes ou também chamados colares de distribuição ou, ainda, manifolds são os trechos de tubulação de onde partem as colunas de alimentação de uma edificação, visando impedir que as colunas tenham de ser ligadas diretamente ao reservatório superior, ocasionando-lhe inúmeros pontos de estanqueidade difícil.

**b.** Os barriletes podem ser unificados ou ramificados, conforme se pode observar na Fig 5-9.

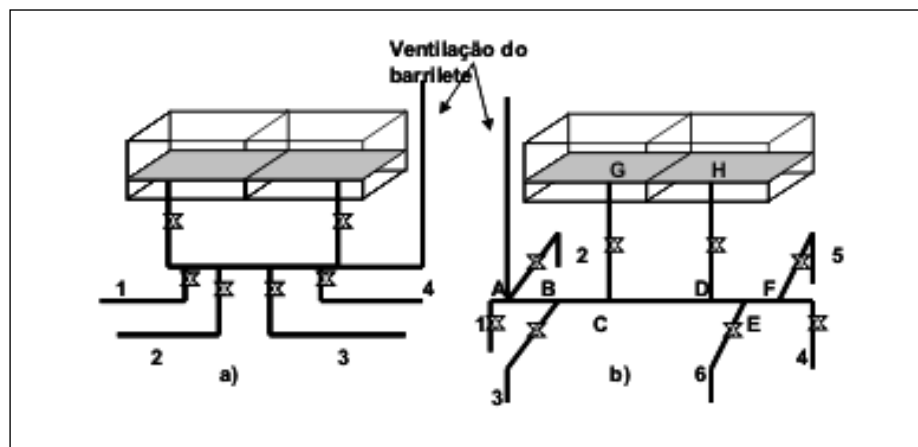



Fig 5-9. Barriletes unificado e ramificado

5-29. DIMENSIONAMENTO DO BARRILETE

**a.** Para o cálculo de barrilete unificado, calculam-se os pesos de cada coluna que ele alimenta, somam-se estes pesos e, então é calculada a vazão nele ocorrente. Com esta vazão e utilizando os ábacos de dimensionamento (Fig. 5-2, 5-3 e Tab 5-3, 5-4) determina-se o diâmetro do barrilete.

**b.** No caso de utilizarem-se os ábacos das Fig. 5-2 e 5-3, que é o procedimento mais adequado, considera-se, para entrada nos ábacos, a vazão calculada e a perda de carga admitida por Hunter que tem o valor de 8 m/ 100 m, ou seja, Ju = 0,08. Adota-se então o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro determinado no ábaco.

**c.** Alguns autores recomendam utilizar, para a determinação do diâmetro do manifold, a metade da vazão calculada, uma vez que consideram que a descarga será suprida por ambas as partes do reservatório.

**d.** Como exemplo, veja o quadro abaixo que apresenta o cálculo do barrilete da Fig 5-9, supondo conhecidos os valores de å P de cada coluna de alimentação.

| COLUNA | Σ PESOS DAS PEÇAS DA COLUNA | Q (l/s)Q = 0,3 x ( Σ P)1/2 | DIÂMETRO INICIAL DA COLUNA E BARRILETE |
|---|---|---|---|
| 1 | 600 | 7,35 | 2 ½ " |
| 2 | 800 | 8,48 | 2 ½ " |
| 3 | 750 | 8,22 | 2 ½ " |
| 4 | 575 | 7,20 | 2 ½ " |
| Σ P | 2725 | 15,66 | |

Tab 5-14

**e.** Entrando no ábaco da Fig 5-2 com os valores de Q = 15,66 l/s e Ju = 0,08 m/m, obtemos um diâmetro de 3,8 " que naturalmente não existe no comércio. Adotamos, então o D comercial de 4", onde, para a vazão estabelecida, entrando novamente no ábaco, obtemos uma perda de carga de 0,07 m/m. Observe-se que a velocidade está abaixo do valor limite.

**f.** Para o cálculo de barrilete ramificado, basicamente, procede-se da mesma forma que no caso de barrilete unificado, tomando-se o cuidado de distinguir os trechos que efetivamente colaboram para a descarga que passa pelo trecho em consideração. Observe a planilha exemplo abaixo, de dimensionamento do barrilete da Fig 5-9), supondo conhecidos os valores de å P de cada coluna de alimentação.

| COLUNA | Σ P | TRECHO | Q (descarga l/s) | DIÂMETRO | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | mm | pol |
| 1 | 450 | 1A | 6,36 | 60 | 2 ½ |
| 2 | 780 | 2A | 8,38 | 60 | 2 ½ |
| | 1230 | AB | 10,52 | 75 | 3 |
| 3 | 640 | 3B | 7,59 | 60 | 2 ½ |
| | 1870 | BC | 12,97 | 75 | 3 |
| 4 | 320 | 4F | 5,37 | 60 | 2 ½ |
| 5 | 430 | 5F | 6,22 | 60 | 2 ½ |
| | 750 | EF | 8,22 | 60 | 2 ½ |
| 6 | 280 | 6E | 5,02 | 50 | 2 |
| | 1030 | ED | 9,63 | 75 | 3 |
| Barrilete GCDH | 2900 | GCDH | 16,16 | 100 | 4 |

Tab 5-15

**g.** Observe que o Σ P do trecho AB é a soma dos pesos das colunas 1 e 2, do trecho BC é a soma dos pesos das colunas 1, 2 e 3; EF, das colunas 4 e 5; ED das colunas 4, 5 e 6; e, finalmente, do barrilete central GCDH, é a soma de todos os pesos. Alguns autores preferem dimensionar o barrilete nos trechos GDCH considerando apenas a metade dos pesos de todo o prédio, tendo em vista o reservatório ser bipartido, conforme se pode ver no desenho.

## ARTIGO VI

## REDES DE DISTRIBUIÇÃO

### 5-30. REDE RAMIFICADA E REDE MALHADA

**a.** As redes de distribuição constituem-se de tubulações-troncos, mestras ou principais alimentadas diretamente por um reservatório (de montante se localizado antes das derivações) ou diretamente por uma adutora em parceria com um reservatório de jusante (localizado depois das derivações), das quais partem as tubulações secundárias (derivações) que se distribuem pelas diversas artérias de alimentação.

**b.** As redes ramificadas (Fig 5-10) caracterizam-se por uma artéria principal de onde partem transversais que vão alimentar os diversos pontos de consumo. Nas tubulações, a água desloca-se, invariavelmente, em um único sentido, isto é, da tubulação-tronco para a extremidade morta. Estas redes apresentam a desvantagem de não permitir a continuidade do suprimento a um determinado ponto quando a linha sofre rompimento em algum ponto. Apresentam, no entanto, a vantagem de serem mais simples de calcular e de execução mais barata e rápida.

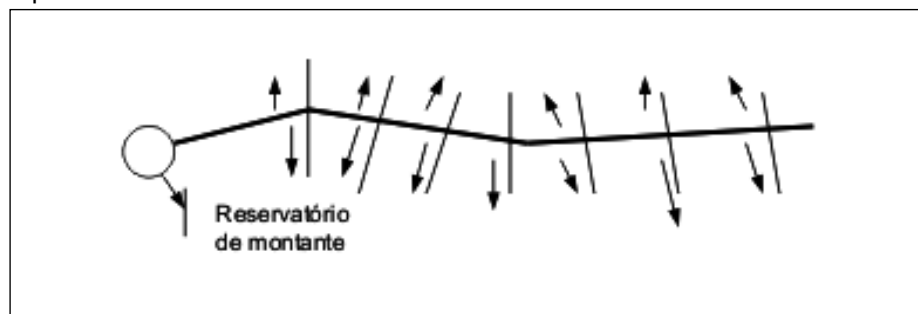



Fig 5-10. Rede ramificada

**c.** Por outro lado, as redes malhadas são aquelas cujos condutos formam verdadeiras malhas (Fig 5-11), nos quais a água se desloca, ora num sentido, ora noutro, em função das solicitações de consumo. Este tipo de rede apresenta a vantagem de possibilitar que um ponto de consumo (edificação) continue sendo suprido mesmo que o encanamento tenha sido rompido em um ponto qualquer. Porém, como desvantagem, apresenta maior complexidade de cálculo e maior custo de execução.

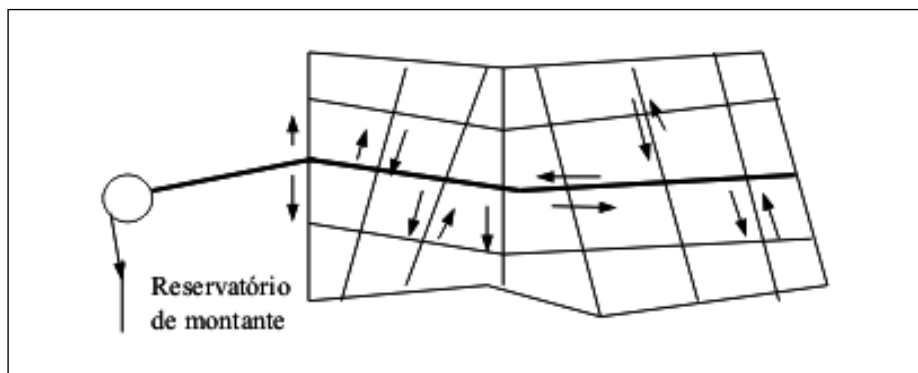



Fig 5-11. Rede malhada

**d.** Em nosso estudo, iremos nos preocupar tão somente com as redes ramificadas, uma vez que, as malhadas são utilizadas em centros urbanos de traçado mais complexo e que, além de bem nos atender, as redes ramificadas apresentam a grande vantagem da simplicidade de cálculo e execução, aliados a um menor custo.

## 5-31. PROJETO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

**a. Fases do projeto** – o projeto de uma rede compreende as seguintes fases:

(1) traçado da canalização;
(2) cálculo dos consumos diários;
(3) cálculo das perdas de cargas admissíveis;
(4) seleção dos diâmetros das canalizações;
(5) verificação das pressões de serviço; e
(6) verificação das pressões disponíveis e a jusante das derivações.

**b. Traçado da canalização** – é feito em carta topográfica ou em esboço. Nenhum ponto da canalização deverá ter pressão menor do que a pressão mínima necessária ao funcionamento dos aparelhos de um prédio. No teatro de operações, o traçado das canalizações segue o traçado das ruas; devendo evitar grande número de cruzamentos a fim de não interromper o tráfego em casos de reparo na rede.

**c. Cálculo dos consumos diários** – para o cálculo das necessidades de água devem ser levados em consideração três fatores:

(1) consumo médio diário – é a taxa de água, normalmente expressa em l/homem por dia. Seu valor varia com o padrão e a finalidade das construções (ver Tab 5-5).

(2) efetivo da população – é o valor conhecido ou estimado para a população que ocupará o prédio.

(3) grandes consumidores – expressão utilizada para designar instalações em que o consumo de água não é relacionado diretamente com o efetivo da

população. São exemplos lavanderias (consumo em l/Kg de roupa), posto de lavagem de viaturas (cerca de 200 l/Vtr), postos de descontaminação, etc.

**d. Consumo diário total** – o consumo diário total (CDT) de água potável é a soma dos consumos diários (CD) de todas as edificações abastecidas pela rede de distribuição e é obtido pela expressão abaixo:

**CDT = SOMATÓRIO (CONSUMO MÉDIO DIÁRIO x EFETIVO DA POPULAÇÃO) + NECESSIDADE DOS GRANDES CONSUMIDORES**

**e. Proteção contra incêndios** – no teatro de operações, a água a ser utilizada para combate a incêndios, por motivos óbvios, não será tratada, portanto ela não faz parte do consumo diário total. Normalmente, é instalada uma canalização de abastecimento ligando a fonte a reservatórios convenientemente localizados. Eles deverão ficar distanciados, no máximo, de 300 m de qualquer prédio. A quantidade de água não-tratada é determinada pela Tab 5-16.

| EFETIVO (H) | VOLUME (l) |
|---|---|
| Até 499 | 120.000 |
| 500 a 999 | 240.000 |
| 1.000 a 5.999 | 960.000 |
| 6.000 ou maior | 1.900.000 |

Tab 5-16. Quantidade de água para o combate a incêndios

**f. Cálculo das perdas de carga admissíveis** – a perda de carga admissível é o valor máximo de perda de carga que poderá ocorrer por atrito entre o reservatório e o ponto a suprir considerado.

(1) O diâmetro da canalização deve ser calculado para que a perda de carga total nas canalizações seja menor do que a admissível. Para calculá-la é necessário conhecer a cota do reservatório de onde parte a distribuição, a cota da derivação de entrada do prédio a ser suprido e a pressão mínima de serviço necessária (ou a soma das pressões mínimas das peças a serem supridas diretamente, quando não há reservatório superior, ou a pressão necessária para alcançar a cota do reservatório do prédio suprido, quando este último existe).

(2) As cotas são obtidas por meio de cartas ou de levantamento topográfico e através do projeto.

(3) A pressão mínima necessária ao funcionamento, para instalações de TO, deverá ser considerada como igual a 14 metros de coluna d'água (14 mca = 1,4 Kgf/cm2), nas derivações de entrada dos prédios. Esta especificação poderá ser alterada para atender, principalmente, aos grandes consumidores (lavanderias, oficinas, etc).

**PEDRA DE CARGA ADMISSÍVEL = COTA DO RESERVATÓRIO COTA DA DERIVAÇÃO - PRESSÃO MÍNIMA**

**g. Seleção dos diâmetros das canalizações** – os diâmetros são escolhidos de forma a atender às vazões necessárias em cada edificação

(derivações) e às perdas de carga admissíveis. Para sua determinação procede-se da forma a seguir descrita:

(1) De posse do consumo diário calculado para cada edificação, calcula-se a vazão necessária para atendê-la através da fórmula abaixo:

| $$Q = \frac{CD}{86.400}$$ | Q = vazão necessária em l/s<br>CD = Consumo Diário<br>86.400 = Nr segundos ao dia |
|---|---|

(2) A marcha de cálculo empregada para dimensionar uma rede ramificada de distribuição é similar àquela apresentada para o cálculo das colunas de alimentação no item 5-27. É utilizada, também, planilha similar à da Tab 5-13.

**h. Marcha de cálculo a ser seguida:**

(1) Utilizando-se os ábacos da Fig 5-5 e Fig 5-6, faz-se uma primeira tentativa de atribuição de valor para o diâmetro da tubulação em função das vazões calculadas acima, e tomando uma perda de carga admitida por Hunter, no valor de 0,08 m/m. Obtido o diâmetro (que pode resultar em valor fracionário), adota-se a bitola comercial imediatamente superior.

(2) De posse do diâmetro inicial e da vazão, calculam-se a perda de carga unitária e a velocidade da água no interior da tubulação.

(3) Verifica-se se a velocidade está dentro dos limites de aceitabilidade.

(4) Calculam-se as perdas de carga até o ponto considerado.

(5) Com as perdas de carga, calcula-se e verifica-se a pressão disponível para a derivação e a pressão de jusante (a primeira não pode ser maior do que 40 m.c.a., e a segunda terá de ser suficiente para atender às pressões de serviço nas derivações a jusante da considerada e nela própria, no tocante a perdas de carga e à altura a vencer para atingir o reservatório superior).

(6) Calculam-se as perdas de carga totais até os pontos considerados.

**i.** Verificação das pressões de serviço e verificação das pressões disponíveis a jusante das derivações – caso o prédio alimentado pela derivação em questão possua reservatório superior (caso mais comum) a pressão mínima necessária ao funcionamento da rede será aquela necessária para fazer a água chegar até a altura do seu reservatório superior. Para instalações de TO, independentemente da altura das caixas dos prédios, a pressão mínima deverá ser considerada como igual a 14 metros de coluna d'água (14 mca = 1,4 Kgf/cm2) o que visa atender às perdas nas tubulações e às perdas localizadas até chegar à caixa d'água (reservatório superior). Caso a tubulação alimentadora derivada da rede vá suprir diretamente (sem passar por reservatórios) as peças sanitárias de utilização do prédio (que não possui caixas d'água), a pressão mínima será a soma das pressões mínimas de serviço de todos os aparelhos localizados no andar mais alto do prédio, adicionada da energia exigida pelo aparelho crítico desse andar. Entende-se, aqui, por energia exigida pelo aparelho crítico, como a máxima soma das perdas de carga (consumidas para chegar até o aparelho) e da pressão de serviço, ocorrente entre os aparelhos sanitários daquele andar. O exemplo a seguir ilustrará o cálculo de uma rede ramificada.

**j.** Seja dimensionar a rede ramificada esquematizada na fig 5-12. Os consumos diários dos prédios já foram previamente calculados e fornecidos. Os

prédios possuem caixas (reservatórios) superiores, de forma que devemos supri-los, diariamente, com um CD (Consumo Diário), o que determinará a vazão dimensionante. Caso não possuíssem caixas, teríamos de dimensionar os alimentadores prediais (trecho que alimenta o prédio) da mesma forma que procedemos para os barriletes, obtendo de igual forma uma vazão a ser utilizada nos cálculos doravante desencadeados. Considere o uso de tubos de aço galvanizado.

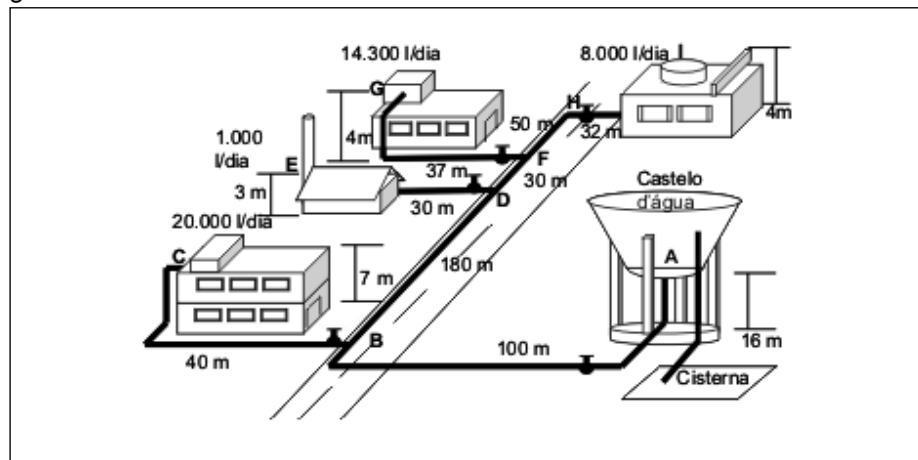



Fig 5-12. Rede de distribuição ramificada.

**k.** Observemos que, não faremos aqui, o cálculo dos alimentadores prediais (trechos BC, DE, FG e FG) que, rigorosamente, não fazem parte da rede de distribuição, pois estão após os registros.

**l. Cálculos:**

(1) Vazões:

- Trecho HI: 8.000 l/dia / 24 / 60 / 60 = 8.000 / 86.400 = 0,09 l/s
- Trecho FH: 0,09 l/s
- Trecho FG: 14.300 l/dia / 86.400 = 0,17 l/s
- Trecho DF: 0,09 + 0,17 = 0,26 l/s
- Trecho DE: 1.000 l/dia / 86.400 = 0,01 l/s
- Trecho BD: 0,26 + 0,01 = 0,27 l/s
- Trecho BC: 20.000 l/dia / 86.400 = 0,23 l/s
- Trecho AB: 0,27 + 0,23 = 0,50 l/s

(2) Comprimentos virtuais:

- Trecho AB: 3 joelhos 90º médio 2” => 4,2
  1 registro de gaveta 2” => 0,4
  total 4,6 m
- Trecho BD: 1 tê 90º passagem direta 1 ¼” => 1,5 m
- Trecho DF: 1 tê 90º passagem direta 1 ¼” => 1,5 m
- Trecho FH: 1 tê 90º passagem direta 1” => 0,9 m

(3) Os demais cálculos podem ser observados na Tab 5-17.

(4) Verificamos que, adotando os diâmetros obtidos para uma perda de carga de 0,08 m/m, não teremos energia (pressão) suficiente para que a água alcance todos os prédios, fazendo com que a rede não funcione (Tab 5-17 Planilha de Cálculo – 1ª Tentativa). Teremos que, então, gradativamente, ir aumentando os diâmetros calculados e recalculando as perdas até que toda a rede seja atendida. Isto foi feito na grade de cálculo da Tab 5-18 Planilha de Cálculo – 2ª Tentativa.

(5) Resta agora verificar (o que seria feito para todos os alimentadores prediais ligados à rede, mas, aqui, apenas exemplificando, faremos para o alimentador HI) se há pressão suficiente na rede para atingir as caixas d'água (reservatórios superiores) dos prédios servidos por ela.

(6) Os diâmetro dos alimentadores prediais são determinados com o uso dos ábacos das Fig 5-2 e 5-3, entrando-se com os valores da vazão calculada e da Ju de 0,08 m/m. Encontrado um diâmetro, se ele for um valor fracionário, adota-se a bitola comercial imediatamente superior. Para o trecho (alimentador) HI temos:

D = ½" = 15 mm ➔ Ju = 0,036 m/m

(7) Em seguida, procedem-se os cálculos para verificação da pressão mínima necessária para alcançar o reservatório superior do prédio em questão. Suponhamos conhecidas as conexões e os comprimentos das tubulações empregadas até chegar à caixa d'água.

- HI = 32 m comprimento real,
- Comprimento equivalente:
- 4 joelho ½": 4 x 0,4 = 1,6 m
- 1 registro de gaveta aberto ½": 0,1 m
- 1 saída de canalização: 0,4 m
- Total : 2,1 m
- ➔ Jt = 0,036 x (32 + 2,1) = 1,23 m

(8) Temos ainda que considerar a altura de 4 m a vencer para atingir o reservatório e a pressão mínima de serviço para a torneira de bóia da caixa d'água de 0,5 m (Tabela 5-7):

Pressão necessária = 1,23 + 4 + 0,5 = 5,73 m

(9) Como se observa, pela planilha de cálculo, a energia é insuficiente, restando uma de duas alternativas. Ou bombearemos a água de uma cisterna própria do prédio, como é comum fazer em centros urbanos, ou obtemos mais pressão (energia), o que pode ser conseguido simplesmente pela elevação da cota do castelo d'água, solução própria a ser adotado nos TO. Neste caso, elevaríamos, no mínimo, de:

➔ ha = 5,73 – 4,68 (pressão de jusante em H) = 1,05 m
ha = altura adicional para a cota do castelo d'água.

(10) Adotando a cota de 17,5 m para o castelo, obteríamos, finalmente, a planilha final da Tab 5-19 Planilha de Cálculo Final.

(11) Lembramos novamente que, como trata-se de um exemplo didático, não realizamos o cálculo acima para todos os alimentadores o que teria de ser feito num caso real.

| TRECHO | VAZÃO l/s | DIÂMETRO | | VELOCI-DADE m/s | COMPRIMENTOS | | | PRESSÃO DISPONÍVEL | PERDA DE CARGA (mca) | | PRESSÃO A JUSANTE | | OBS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pol | mm | | REAL m | EQUIV m | TOTAL M | | UNIT. mca/m | TOTAL mca | mca | KPa | |
| AB | 0,50 | 1 | 25 | 1,02 | 100 | 4,6 | 104,6 | 16 | 0,082 | 8,56 | 7,46 | 74,6 | |
| BD | 0,27 | ¾ | 20 | 0,86 | 180 | 1,5 | 181,5 | 7,46 | 0,077 | 13,98 | -6,52 | -65,2 | |
| DF | 0,26 | ¾ | 20 | 0,83 | 30 | 1,5 | 31,5 | -6,52 | 0,072 | 2,27 | -8,79 | -87,9 | |
| FH | 0,09 | ½ | 15 | 0,51 | 50 | 0,9 | 50,9 | -8,79 | 0,036 | 1,83 | -10,62 | -106,2 | |
| | | | | | | | | | Soma | | | | |

Tab 5-17. Planilha de cálculo sugerida pela NBR aplicada ao cálculo de redes ramificadas. 1ª tentativa.

**OBSERVAÇÃO:** Os valores da tabela são tão precisos porque, ao invés de serem tomados nos ábacos, foram calculados pelas fórmulas que os originam. (Vide § 13.8 item d).

| TRECHO | VAZÃO l/s | DIÂMETRO | | VELOCI-DADE m/s | COMPRIMENTOS | | | PRESSÃO DISPONÍVEL | PERDA DE CARGA (mca) | | PRESSÃO A JUSANTE | | OBS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pol | mm | | REAL m | EQUIV m | TOTAL M | | UNIT. mca/m | TOTAL mca | mca | KPa | |
| AB | 0,50 | 1 ¼ | 32 | 0,62 | 100 | 4,6 | 104,6 | 16 | 0,025 | 2,50 | 13,5 | 135,0 | |
| BD | 0,27 | 1 | 25 | 0,55 | 180 | 1,5 | 181,5 | 13,5 | 0,026 | 4,72 | 8,78 | 87,8 | |
| DF | 0,26 | ¾ | 20 | 0,83 | 30 | 1,5 | 31,5 | 8,78 | 0,072 | 2,27 | 6,51 | 65,1 | |
| FH | 0,09 | ½ | 15 | 0,51 | 50 | 0,9 | 50,9 | 6,51 | 0,036 | 1,83 | 4,68 | 46,8 | |
| | | | | | | | | | Soma | | | | |

Tab 5-18. Planilha de cálculo sugerida pela NBR aplicada ao cálculo de redes ramificadas. 2ª Tentativa.

Verificação: 11,32 (total de perdas) + 6,18 (pressão residual) = 17,5 (pressão disponível inicial) OK

| TRECHO | VAZÃO l/s | DIÂMETRO | | VELOCI-DADE m/s | COMPRIMENTOS | | | PRESSÃO DISPONÍVEL | PERDA DE CARGA (mca) | | PRESSÃO A JUSANTE | | OBS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pol | mm | | REAL m | EQUIV m | TOTAL M | | UNIT. mca/m | TOTAL mca | mca | KPa | |
| AB | 0,50 | 1 ¼ | 32 | 0,62 | 100 | 4,6 | 104,6 | 17,5 | 0,025 | 2,50 | 15,0 | 135,0 | |
| BD | 0,27 | 1 | 25 | 0,55 | 180 | 1,5 | 181,5 | 15,0 | 0,026 | 4,72 | 10,28 | 87,8 | |
| DF | 0,26 | ¾ | 20 | 0,83 | 30 | 1,5 | 31,5 | 10,28 | 0,072 | 2,27 | 8,01 | 65,1 | |
| FH | 0,09 | ½ | 15 | 0,51 | 50 | 0,9 | 50,9 | 8,01 | 0,036 | 1,83 | 6,18 | 46,8 | |
| | | | | | | | | | Soma | 11,32 | 6,18 | | |

Tab 5-19. Planilha de cálculo sugerida pela NBR aplicada ao cálculo de redes ramificadas. Final.

# CAPÍTULO 6

# INSTALAÇÕES DE ESGOTO

## ARTIGO I

## INTRODUÇÃO

### 6-1. GENERALIDADES

**a.** As instalações de esgoto em campanha diferenciam-se das instalações comuns por não pretenderem ser definitivas. Visam atender a uma necessidade premente por tempo determinado. Podem, eventualmente, ganhar um vulto maior, mais provavelmente na zona de administração. O objetivo é tratar de conhecimentos básicos que permitam a construção de instalações de esgoto que, dentro da disponibilidade de tempo e recursos, possibilitem um melhor atendimento à tropa, evitando o estabelecimento de um meio sem condições sanitárias apropriadas.

**b.** Um sistema de esgotos deve compreender a captação das águas servidas e imundas, sua condução para uma estação de tratamento (sempre que possível) e seu lançamento na natureza na forma que menos a agrida.

### 6-2. REQUISITOS DE UMA INSTALAÇÃO

**a. Uma instalação deve atender aos seguintes requisitos:**

(1) rápido escoamento de despejos e fácil desobstrução;

(2) vedação da passagem de gases, insetos e animais da canalização para o interior das edificações;

(3) impedir vazamentos, escape de gases e formação de depósitos nas canalizações; e

(4) impedir a contaminação da água potável e gêneros alimentícios.

## 6-3. DEFINIÇÕES BÁSICAS

**a. Aparelho sanitário** - aparelho ligado à instalação predial e destinado ao uso da água para fins higiênicos ou a receber dejetos e águas servidas. Exemplo: vaso sanitário, lavatório, pia, etc.

**b. Fecho hídrico** - altura de líquido disposto no interior da tubulação ou outro elemento, de forma a vedá-la, impedindo a passagem de ar, insetos ou animais. (Fig 6-1)

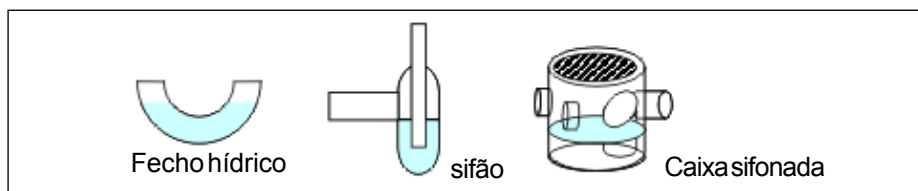



Fig 6-1. Exemplos de fechos hídricos em desconectores.

**c. Desconector** - elemento dotado de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases das canalizações de esgoto para o interior do recinto. Pode ser um sifão, ralo ou caixa sifonados. Os vasos sanitários possuem fecho hídrico interno.

**d. Esgoto primário** - canalização onde têm acesso os gases provenientes do coletor público (duto instalado pelo poder público que coleta os esgotos das edificações) ou de outras partes da instalação de esgotos.

**e. Esgoto secundário** - canalização protegida por desconector contra o acesso de gases provenientes do coletor público ou da própria instalação.

**f. Coluna de ventilação** - canalização vertical destinada à ventilação de sifões sanitários. Todo esgoto sanitário deve ser ventilado. Ventilação e sifonagem (desconexão) não podem estar separados.

**g. Ramal de descarga** - é a tubulação de captação de esgoto que atende a uma única peça ou aparelho.

**h. Ramal de esgoto** - é a tubulação que recebe o esgoto proveniente de mais de um aparelho ou peça.

**i. Ramal de ventilação** - é o tubo ventilador interligando o desconector ou ramal de descarga ou de esgoto de um ou mais aparelhos sanitários a uma coluna de ventilação ou a um ventilador primário.

**j. Ventilador primário** - é o tubo ventilador em prolongamento do tubo de queda acima do ramal mais alto a ele ligado, tendo uma extremidade aberta, situada acima da cobertura da instalação.

**k. Tubo de queda** - é a tubulação vertical que conduz o esgoto captado em um andar para o térreo.

**l. Subcoletor** - é a tubulação que conduz as contribuições de um ou

diversos tubos de queda no térreo da construção, fazendo inclusive a conexão entre as várias caixas de inspeção.

**m. Caixas de inspeção** - são caixas executadas em alvenaria, concreto ou pré-moldados que permitem a mudança de direção das tubulações, fazem a união de subcoletores, permitem as mudanças de nível e permitem a inspeção das tubulações.

**n. Poço de visita** - é uma caixa de inspeção com mais de um metro de profundidade, permitindo-lhe o acesso.

**o. Coletor predial** - é a tubulação, similar a um subcoletor, que reúne os despejos de toda a edificação e os conduz à rede pública ou a outra destinação que se fizer necessária.

**p. Unidade Hunter de Contribuição (UHC)** - é um fator probabilístico numérico que representa a freqüência habitual de utilização associada à vazão típica de cada uma das diferentes peças de um conjunto de aparelhos heterogêneos em funcionamento simultâneo, ou seja, a contribuição relativa, em vazão, de um aparelho sanitário na formação dos esgotos. Uma UHC equivale a 28 l/seg (litros por segundo).

**q. Caixa sifonada** - caixa dotada de fecho hídrico destinada a receber efluentes de aparelhos sanitários, exclusive o de bacias sanitárias (vaso sanitário), e descarregá-los diretamente em canalizações primárias.

**r. Ralo** - caixa dotada de grelha na parte superior, destinada a receber águas de lavagem de pisos ou de chuveiros.

**s. Águas servidas** - são águas resultantes de operações de lavagem e limpeza de cozinhas, banheiros e tanques.

**t. Águas imundas** - são águas residuárias contendo dejetos (matéria fecal), elevada quantidade de matéria orgânica instável, putrescível, com grande quantidade de microorganismos e eventualmente vermes, parasitas e seus ovos.

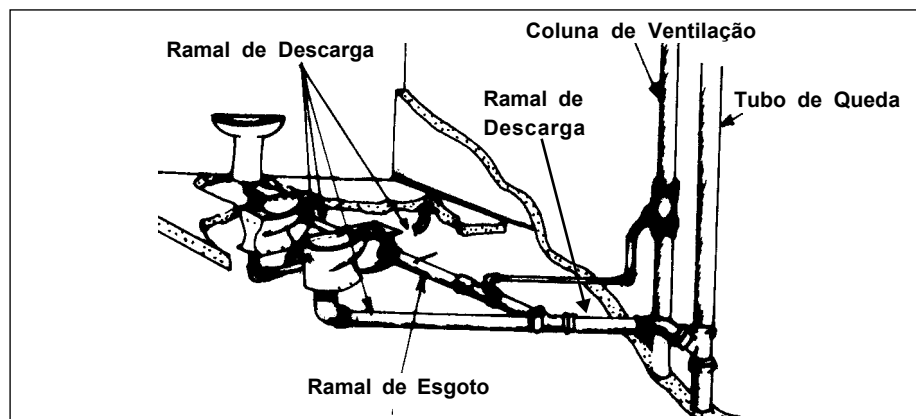



Fig 6-2. Vista de uma instalação de esgoto.

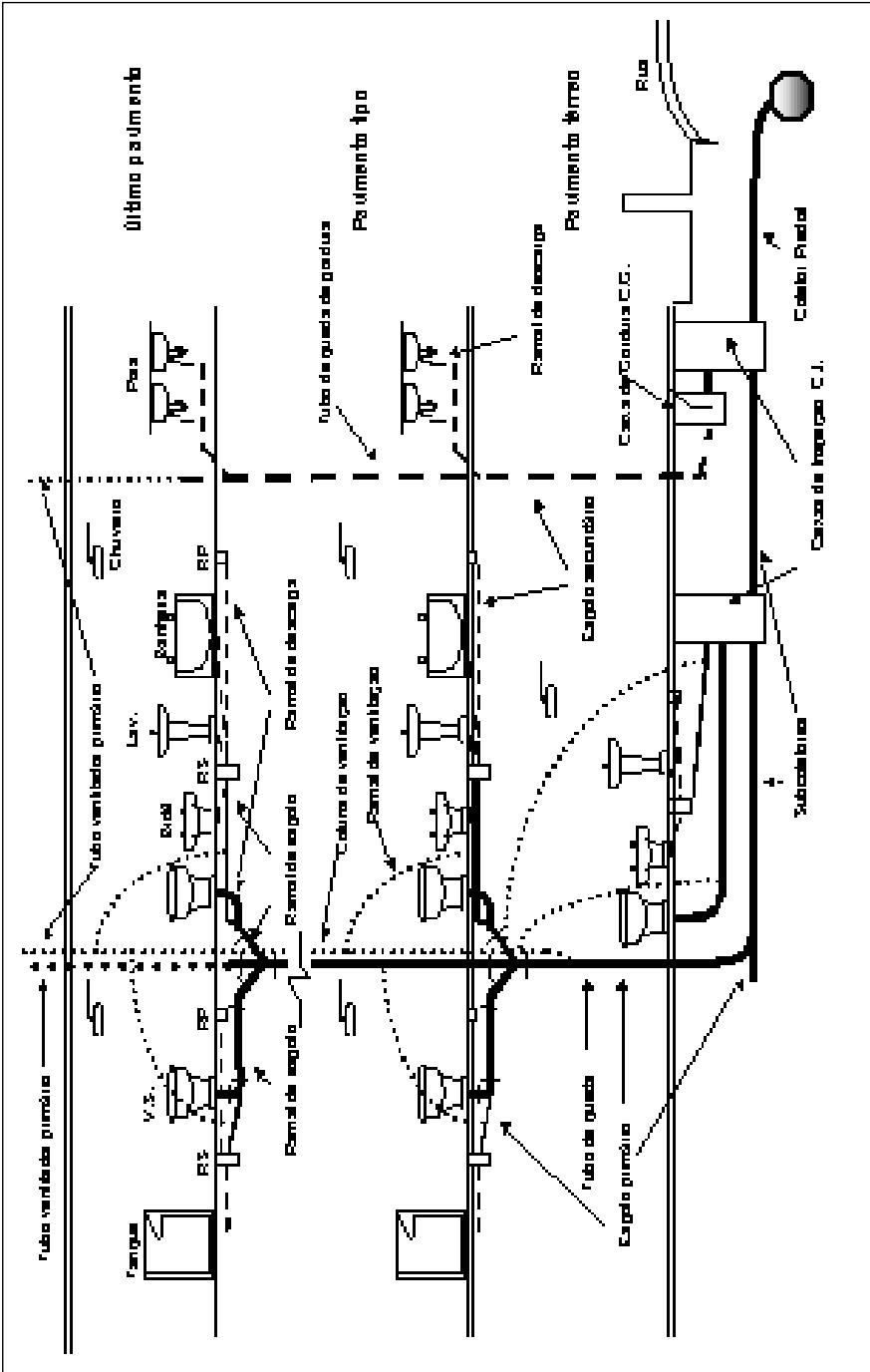



Fig 6-3a. Diagrama Vertical de Instalação de Esgotos.

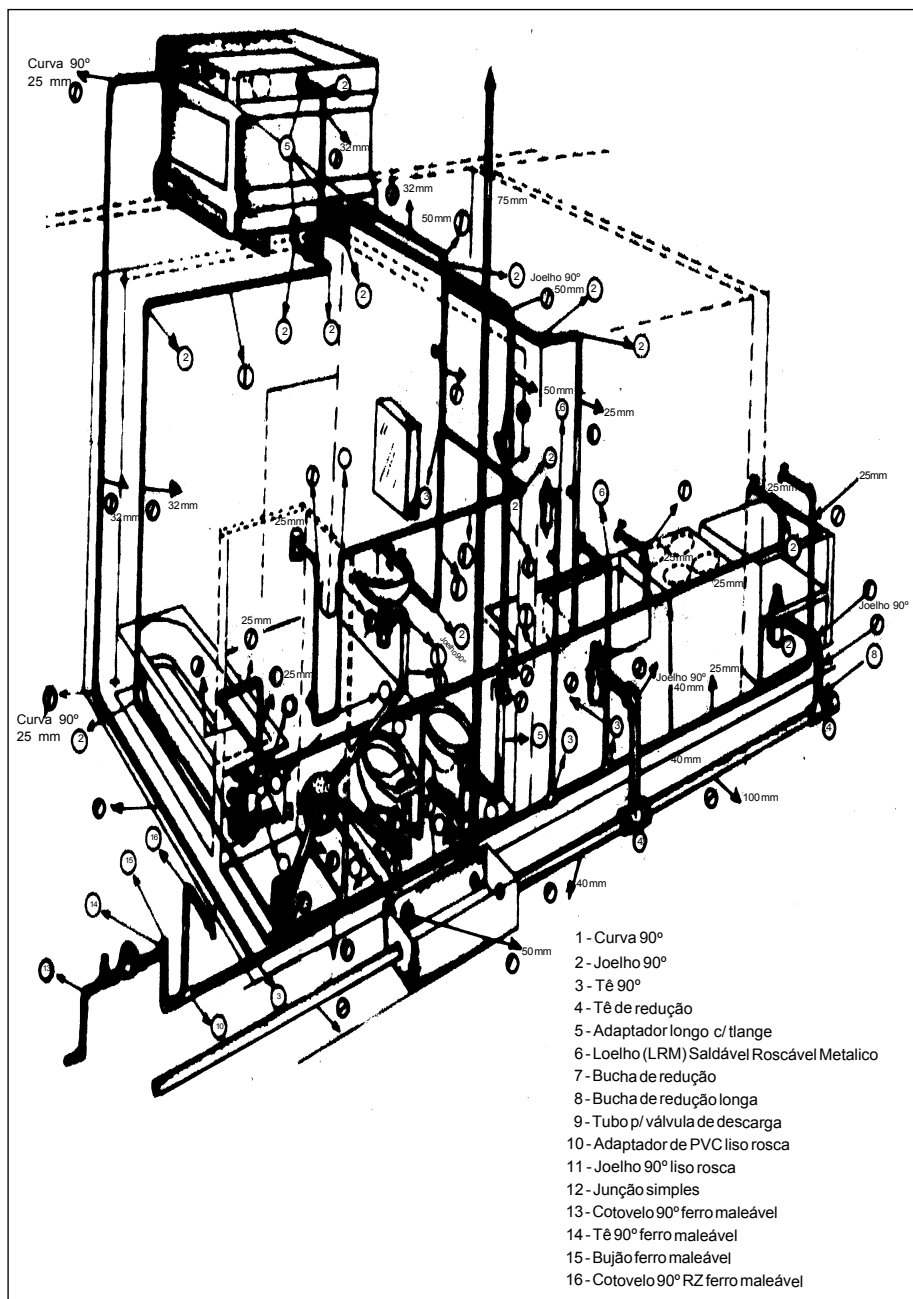



Fig 6-3b. Instalações de água fria e esgotos de uma residência. Vista em perspectiva

## 6-4. DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE ESGOTO

O dimensionamento de uma instalação de esgoto compreende o dimensionamento dos ramais de descarga, ramais de esgoto, tubos de queda, subcoletores, coletores prediais e colunas de ventilação. Ele é realizado sempre em função das UHC atribuídas aos aparelhos sanitários contribuintes. Uma UHC equivale a 28 litros por minuto (l/min).

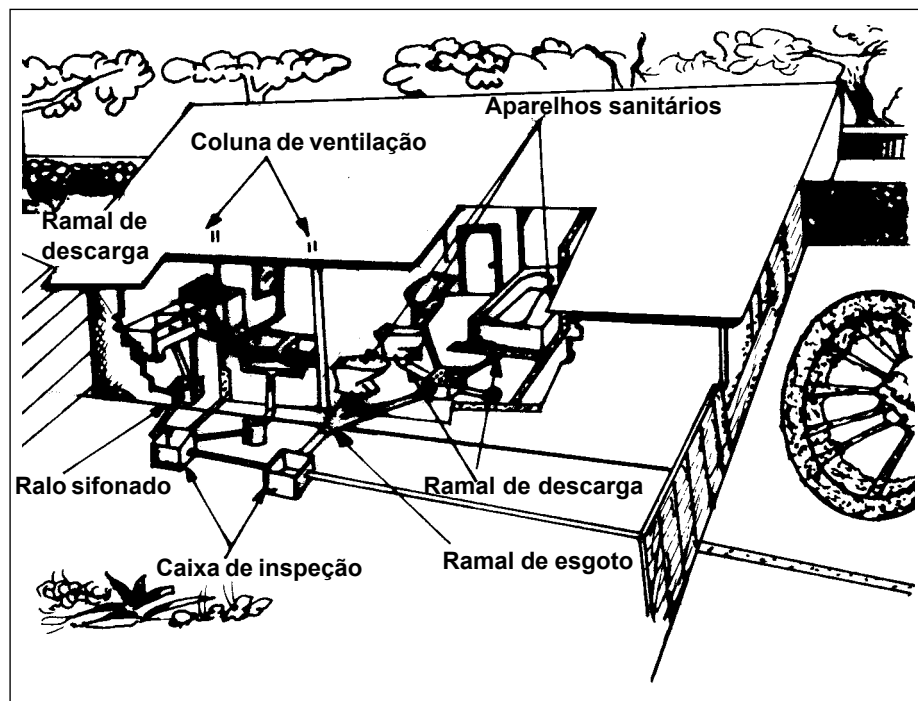



Fig 6-4. Vista de uma instalação de esgoto residencial.

## 6-5. RAMAIS DE DESCARGA

**a.** A determinação do diâmetro do ramal de descarga é feita por simples atribuição com base nos dados da Tab 6-1, que fornece os diâmetros mínimos a serem adotados para cada aparelho sanitário:

| Aparelho | Nr de UHC | Dmín ramal mm (") |
|---|---|---|
| Banheira de residência | 3 | 40 ( 1 ½") |
| Banheira de uso geral | 4 | 40 ( 1 ½") |
| Banheira hidroterápica - fluxo contínuo | 6 | 75 (3") |
| Bebedouro | 0,5 | 30 (1 ¼") |
| Bidê | 2 | 30 (1 ¼") |
| Chuveiro de residência | 2 | 40 ( 1 ½") |
| Chuveiro de uso geral (coletivo) | 4 | 40 ( 1 ½") |
| Lavatório de residência | 1 | 30 (1 ¼") |
| Lavatório de uso geral | 2 | 40 ( 1 ½") |
| Lavatório de uso coletivo, p/ torneira | 1 | 50 (2") |
| Mictório com válvula de descarga | 6 | 75 (3") |
| Mictório com descarga automática | 2 | 40 ( 1 ½") |
| Mictório de calha, por metro | 2 | 50 (2") |
| Mictório com caixa de descarga | 5 | 50 (2") |
| Pia de residência | 3 | 40 ( 1 ½") |
| Pia de grandes cozinhas (indústrias, hotéis, quartéis) | 4 | 50 (2") |
| Pia de despejos | 5 | 75 (3") |
| Ralo de piso | 1 | 30 (1 ¼") |
| Tanque de lavar roupa | 3 | 40 ( 1 ½") |
| Vaso sanitário | 6 | 100 (4") |
| Máquina de lavar roupa até 30 Kgf | 10 | 75 (3") |
| Máquina de lavar roupa de 30 Kgf a 60 Kgf | 12 | 100 (4") |

Tab 6-1. Nr de UHC e diâmetro dos ramais de descarga dos diversos aparelhos

**OBSERVAÇÃO:** Quando se emprega tubo de PVC, o diâmetro mínimo é de 40 mm; se o material for de ferro fundido, é de 50 mm.

## 6-6. RAMAIS DE ESGOTO

**a.** A determinação do diâmetro do ramal de esgoto é feita com base na seqüência abaixo.

**b.** Os valores de UHC, coletados da Tabela 6-1, de cada aparelho que contribui para determinado ramal de esgoto são somados. Com este valor consulta-se a Tab 6-2 obtendo-se o diâmetro a ser utilizado para o ramal em apreço.

**c.** Nenhum vaso sanitário pode descarregar em ramal de esgoto com diâmetro inferior a 100 mm. Esta regra pode ser generalizada, afirmando-se que nenhum ramal de descarga descarregará em ramal de esgoto de diâmetro inferior ao seu.

| Diâmetro nominal do Tubo - DN - mm | Número máximo de UHC |
|---|---|
| 30 | 1 |
| 40 | 3 |
| 50 | 6 |
| 75 | 20 |
| 100 | 160 |
| 150 | 620 |

Tab 6-2. Dimensionamento de ramais de esgoto segundo a NBR-8160

## 6-7. TUBOS DE QUEDA

**a.** A determinação do diâmetro do tubo de queda é feita com base na Tab 6-3.

| Diâmetro Nominal do tubo - DN (mm) | Número Máximo de UHC | | |
|---|---|---|---|
| | Prédio com até 3 pavimentos | Prédio com mais de 3 pavimentos | |
| | | em 1 pavimento | em todo o prédio |
| 30 | 2 | 1 | 2 |
| 40 | 4 | 2 | 8 |
| 50 | 10 | 6 | 24 |
| 75 | 30 | 16 | 70 |
| 100 | 240 | 90 | 500 |
| 150 | 960 | 350 | 1.900 |
| 200 | 2.200 | 600 | 3.600 |
| 250 | 3.800 | 1.000 | 5.600 |
| 300 | 6.000 | 1.500 | 8.400 |

Tab 6-3. Tubos de queda

**OBSERVAÇÃO:** Nenhum vaso sanitário poderá descarregar em tubo de queda de diâmetro inferior a 100 mm.

**b.** Os tubos de queda recebem a contribuição de ramais de esgoto em cada pavimento, recolhendo os despejos ao longo de toda a edificação.

**c.** No caso de prédios com mais de três andares, primeiro, consulta-se a coluna da tabela que mostra o valor para um pavimento (aqui são somadas as UHC somente dos aparelhos que pertencem ao ramal de esgoto coletado neste andar), verificando-se o diâmetro recomendado. Logo em seguida, utilizando o valor total de UHC coletados ao longo de todo o prédio, entra-se na coluna da tabela entitulada “em todo o prédio”, obtendo-se um segundo valor para o diâmetro do tubo de queda. Adota-se o maior dos dois.

## 6-8. COLETORES E SUBCOLETORES

**a.** Os coletores e subcoletores são as tubulações que recebem toda a contribuição de esgotos de um ou mais tubos de queda e de toda a edificação respectivamente. Eles são instalados ligados através de caixas de inspeção ou de poços de visita, o que permite que se façam articulações no terreno (mudança de direção), se mude de cota e se faça a ligação de um com outros subcoletores.

**b.** Apresentam inclinações suaves, normalmente coincidindo com os valores da tabela. Caso isto não ocorra, deve-se entrar na tabela de dimensionamento com o valor de inclinação imediatamente inferior ao utilizado.

**c.** A determinação do diâmetro dos coletores e subcoletores é feita com base na Tab 6-4.

| Diâmetro Nominal do tubo - DN (mm) | Número Máximo de UHC | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Declividade mínima | | | |
| | 0,5 | 1 | 2 | 4 |
| 100 | - | 180 | 216 | 250 |
| 150 | - | 700 | 840 | 1.000 |
| 200 | 1.400 | 1.600 | 1.920 | 2.300 |
| 250 | 2.500 | 2.900 | 3.500 | 4.200 |
| 300 | 3.900 | 4.600 | 5.600 | 6.700 |
| 400 | 7.000 | 8.300 | 10.000 | 12.000 |

Tab 6-4. Coletores e subcoletores.

## 6-9. RAMAIS DE VENTILAÇÃO

**a.** A determinação do diâmetro do ramal de ventilação é feita com base na Tab 6-5.

| Grupo de aparelhos sem vasos sanitários | | Grupo de aparelhos com vasos sanitários | |
|---|---|---|---|
| Nr de UHC | DN do Ramal de Ventilação | Nr de UHC | DN do Ramal de Ventilação |
| Até 8 | 40 | Até 17 | 50 |
| 9 a 18 | 50 | 18 a 36 | 75 |
| 19 a 36 | 75 | 37 a 60 | 75 |

Tab 6-5. Ramais de ventilação.

## 6-10. COLUNAS E BARRILETE DE VENTILAÇÃO

**a.** As determinações do diâmetro das colunas e barrilete de ventilação são feitas com base na Tab 6-6.

| DN do Tubo de Queda | Nr UHC | DN mínimo do Tubo de Ventilação | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30 | 40 | 50 | 60 | 75 | 100 | 150 | 200 |
| | | Comprimento máximo permitido do tubo ventilador (m) | | | | | | | |
| 30 | 2 | 9 | - | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 8 | 15 | 46 | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 10 | 9 | 30 | - | - | - | - | - | - |
| 50 | 12 | 9 | 23 | 61 | - | - | - | - | - |
| 50 | 20 | 8 | 15 | 46 | - | - | - | - | - |
| 75 | 10 | - | 13 | 46 | 110 | 317 | - | - | - |
| 75 | 21 | - | 10 | 33 | 82 | 247 | - | - | - |
| 75 | 53 | - | 8 | 29 | 70 | 207 | - | - | - |
| 75 | 102 | - | 8 | 26 | 64 | 189 | - | - | - |
| 100 | 43 | - | - | 11 | 26 | 76 | 299 | - | - |
| 100 | 140 | - | - | 8 | 20 | 61 | 229 | - | - |
| 100 | 320 | - | - | 7 | 17 | 52 | 195 | - | - |
| 100 | 530 | - | - | 6 | 15 | 46 | 177 | - | - |
| 150 | 500 | - | - | - | - | 10 | 40 | 305 | - |
| 150 | 1.100 | - | - | - | - | 8 | 31 | 238 | - |
| 150 | 2.000 | - | - | - | - | 7 | 26 | 201 | - |
| 150 | 2.900 | - | - | - | - | 6 | 23 | 183 | - |
| 200 | 1.800 | - | - | - | - | - | 10 | 73 | 286 |
| 200 | 3.400 | - | - | - | - | - | 7 | 57 | 219 |
| 200 | 5.600 | - | - | - | - | - | 6 | 49 | 186 |
| 200 | 7.600 | - | - | - | - | - | 5 | 43 | 171 |

Tab 6-6. Dimensionamento de colunas e barrilete de ventilação.

**OBSERVAÇÃO:** Inclui-se no comprimento da coluna de ventilação o trecho do ventilador primário entre o ponto de inserção da coluna e a extremidade aberta do ventilador.

## 6-11. CONVENÇÕES GRÁFICAS

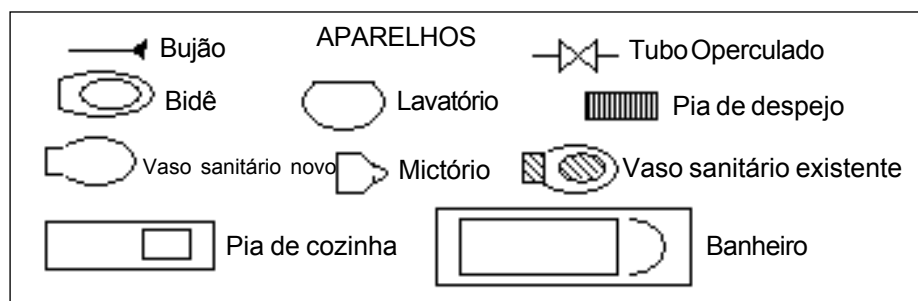



Fig 6-5. Peças e aparelhos sanitários

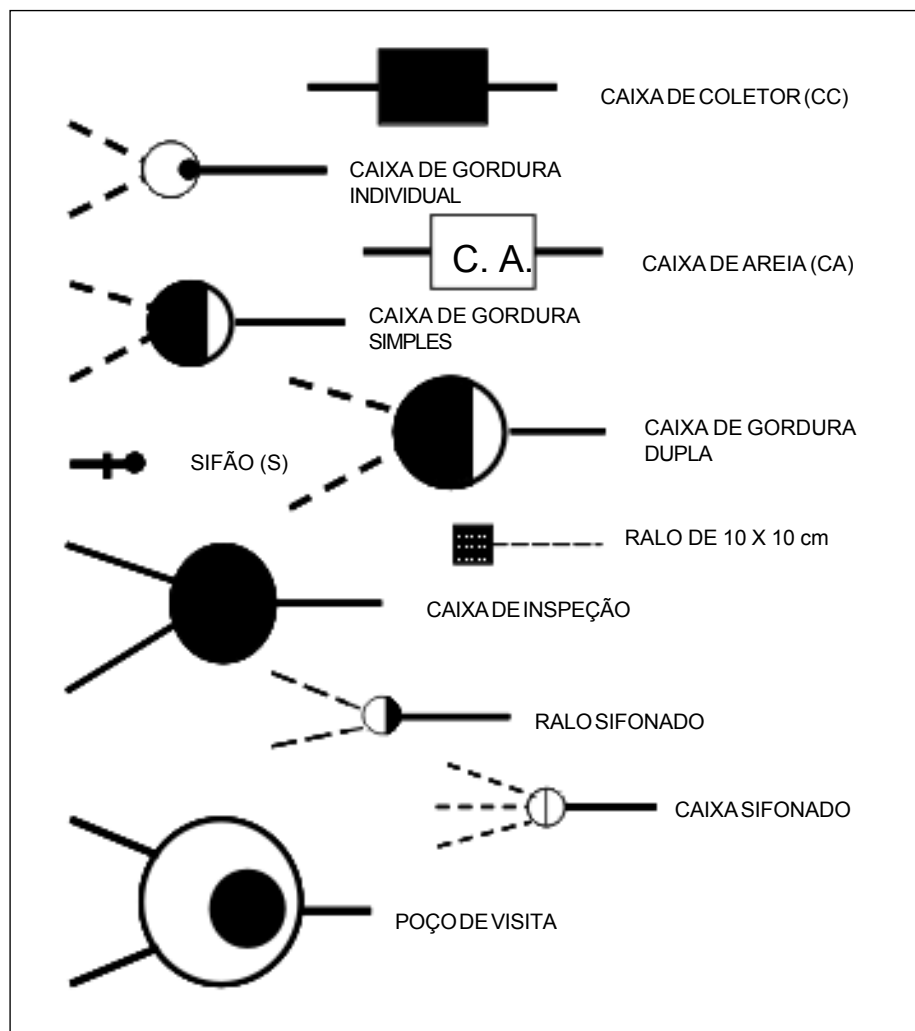
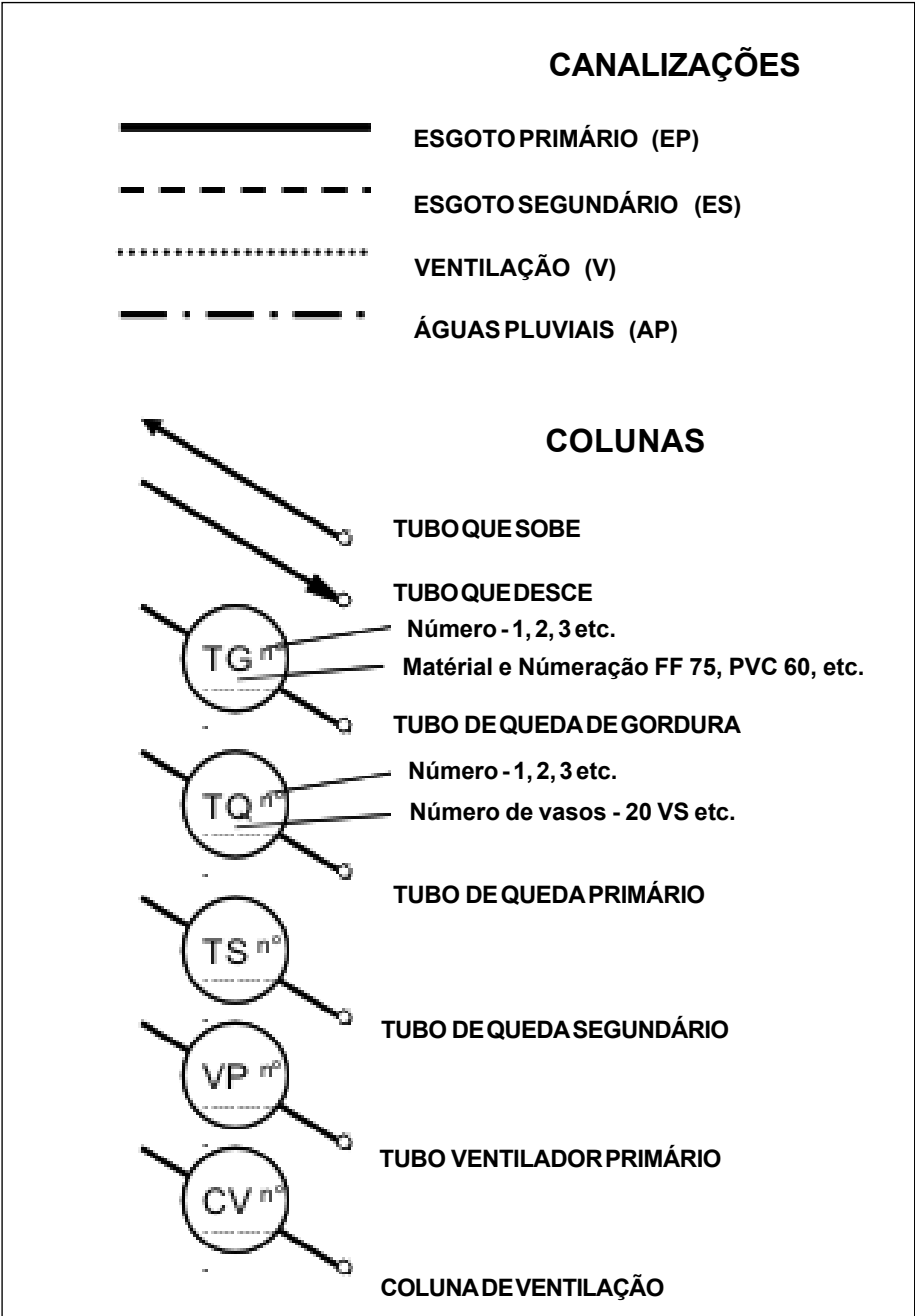



Fig 6-6. Dispositivos sanitários.

Fig 6-6a. Colunas e tubos de esgotos

6-12

6-12. EXERCÍCIO EXEMPLO

**a.** Dimensionar as instalações sanitárias (Fig 6-7) relativas a uma residência comum.

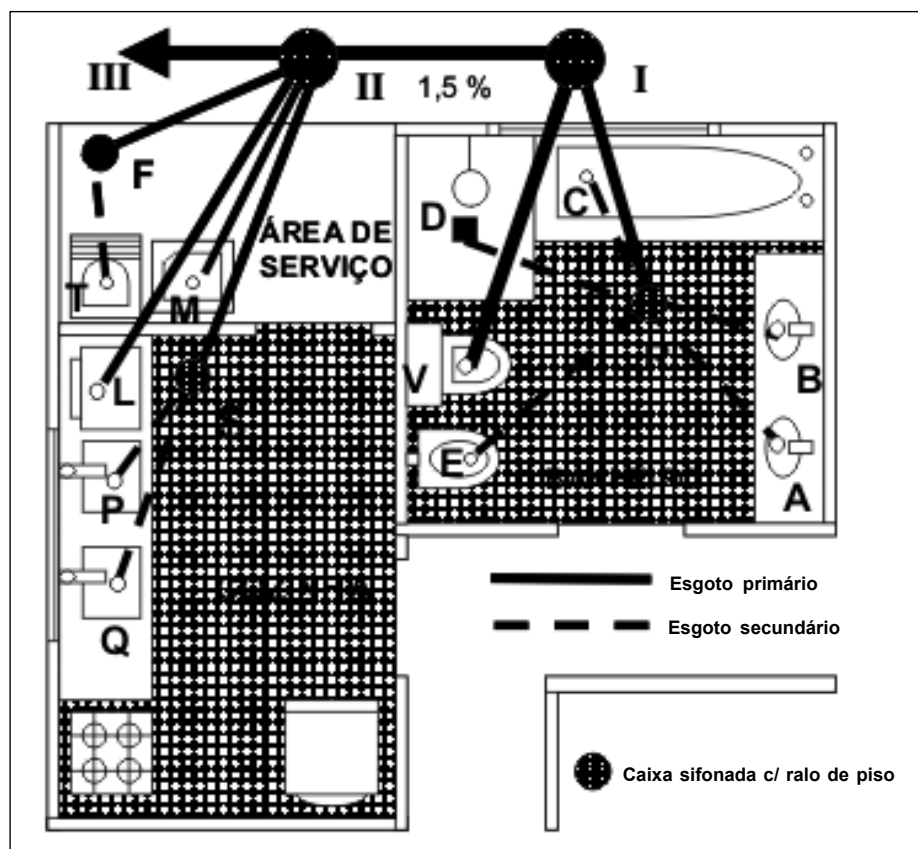



Fig 6-7. Instalação de esgoto de uma residência simples.

**b. Dados:**

(1) Considerar a MLL (máquina de lavar louças) com UHC = 4 e diâmetro mínimo de 75 mm.

(2) A MLR (máquina de lavar roupas) atende até 30 kgf.

(3) A inclinação do subcoletor e coletor predial é de 1,5%;

(4) As tubulações serão em PVC.

**c. Solução:**

| TRECHO | UHC | DIÂMETRO (mm) |
|---|---|---|
| A-R | 1 | 40 |
| B-R | 1 | 40 |
| C-R | 3 | 40 |
| D-R | 2 | 40 |
| E-R | 2 | 40 |
| R-I | 9 | 75 |
| V-I | 6 | 100 |
| I-II | 15 | 100 |
| O-S | 3 | 40 |
| P-S | 3 | 40 |
| S-II | 6 | 50 |
| L-II | 4 | 75 |
| M-II | 10 | 75 |
| T-F | 3 | 40 |
| F-II | 3 | 40 (50 comercial) |
| II-III | 38 | 100 |

# CAPÍTULO 7

# TRATAMENTO DE ESGOTOS

## ARTIGO I

## FOSSAS SÉPTICAS

### 7-1. PROCESSOS DE TRATAMENTO

Numa instalação convencional de tratamento de esgotos, realiza-se um processo biológico, isto é, um processo onde se manifesta a ação de microorganismos existentes nos esgotos. Os principais são dois:

**a. digestão do lodo** - ação aeróbica e anaeróbica que ocorre nas fossas sépticas;

**b. oxidação biológica** - filtros biológicos, lodos ativados, valas de oxidação, lagoas de estabilização, etc.

### 7-2. DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO

**a.** As fossas podem ser classificadas em “Fossas Negras” e “Fossas Sépticas”.

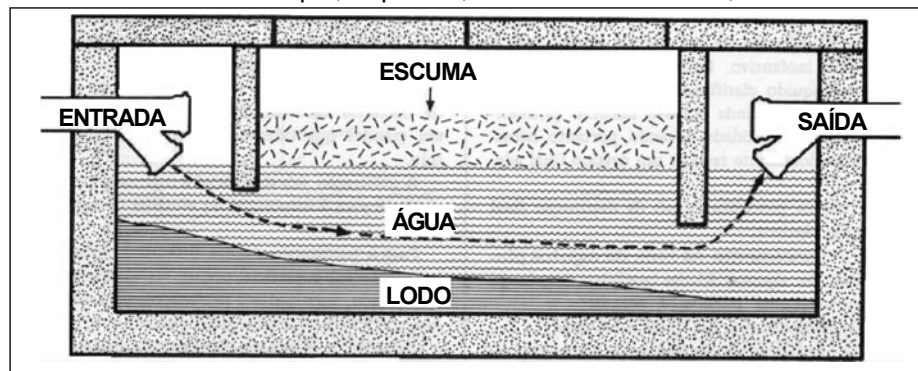
**b.** A fossa negra é um buraco aberto no solo, provido de uma tampa de concreto, onde são lançados os despejos. Conforme for a estabilidade do solo onde foi escavada, pode ser com ou sem revestimento lateral, sendo este provido de muitos furos para permitir a infiltração da água no solo. As fossas negras são similares aos sumidouros, porém distinguem-se pelo uso a que se destinam.

**c.** A fossa séptica é uma caixa de passagem dos despejos domésticos e

que os detêm por um período que permita a decantação dos sólidos e a retenção do material graxo, transformando-os em compostos estáveis. Após nela deixarem a maior parte das matérias suspensas, vão infiltrar-se no terreno ou descarregar em um curso d'água, neste caso, após passarem por um dreno de areia adredemente preparado.

**d.** No interior da fossa séptica, os despejos deslocam-se horizontalmente e com pequena velocidade, nela permanecendo durante certo tempo, conhecido como "tempo de detenção", que deve estar compreendido entre 12 e 24 horas. A pequena velocidade de escoamento permite que as partículas mais densas decantem sob a ação da gravidade para formar o lodo, e que as menos densas subam para flutuar na massa líquida, constituindo a escuma. A escuma formada, por sua vez, impede a aeração da água, facilitando o desenvolvimento de bactérias anaeróbicas que trabalharão a matéria orgânica.

**e.** Para evitar que uma parte dos despejos permaneça no interior da fossa por pouco tempo, inferior ao "tempo de detenção", adotam-se dispositivos de entrada e saída. Eles também impedem a saída da escuma e podem ser constituídos de chicanas ou cortinas. Tais dispositivos, por serem superiormente abertos, permitem que os gases da fossa escapem pelas tubulações de entrada e saída, por cima da lâmina líquida.

**f.** No início do funcionamento da fossa, não existe escuma nem lodo, cujos volumes vão aumentando gradativamente com o passar do tempo, até que o lodo atinja determinada altura, oportunidade em que a fossa deve ser limpa para que volte a funcionar adequadamente. Esta altura é atingida após certo período de funcionamento da fossa que, na prática, é considerado um ano, como o mínimo.

7-1. Corte esquemático de uma fossa séptica

## 7-3. NORMAS PARA USO DE FOSSAS SÉPTICAS

**a.** Não será admissível o emprego de fossas sépticas para receber despejos superiores, em volume, a 75.000 litros/dia.

**b.** Os despejos de cozinhas deverão passar por caixas de gordura antes de serem encaminhados às fossas sépticas.

**c.** Não será admissível o encaminhamento de águas pluviais às fossas sépticas.

**d.** A fossa deve ser localizada, no mínimo, a 15 metros a jusante de qualquer manancial de água (poço, cisterna, etc.).

**e.** Não serão encaminhadas às fossas substâncias gordurosas nem óleos minerais. Uma excessiva quantidade de detergentes e sabão pode prejudicar a ação das bactérias ou destruí-las em maior ou menor escala.

**f.** A fossa séptica só deverá ser utilizada quando não representar perigo para as águas subterrâneas.

## 7-4. TERMINOLOGIA ADOTADA

**a. Despejos** - refugo líquido das edificações, excluídas as águas pluviais. Podem ser domésticas ou industriais conforme a atividade que lhes dão origem.

**b. Digestão** - decomposição bioquímica da matéria orgânica em substâncias e compostos mais simples e estáveis.

**c. Escuma** - massa constituída por graxos (gorduras) sólidos em mistura com gases, que ocupa a superfície livre do líquido no interior das fossas.

**d. Lodo digerido** - massa semilíquida, resultante da digestão da matéria orgânica, que se deposita no fundo da fossa séptica por decantação.

**e. Lodo fresco** - massa semilíquida constituída pelos despejos retidos no interior da fossa, antes de manifestarem-se os fenômenos da digestão.

**f. Período de armazenamento** - intervalo de tempo entre duas operações consecutivas de remoção (limpeza) do lodo digerido da fossa séptica, excluído o tempo de digestão.

**g. Período de detenção dos despejos** - intervalo de tempo em que se verifica a passagem dos despejos através da fossa séptica.

**h. Período de digestão** - tempo necessário à digestão do lodo fresco.

**i. Profundidade util** - distância vertical entre o nível do líquido e o do fundo da fossa.

**j. Tratamento primário** - remoção parcial e digestão da matéria orgânica em suspensão nos despejos.

7-5. TIPOS DE FOSSAS SÉPTICAS

**a.** As fossa sépticas podem ser de câmara única, de câmaras sobrepostas ou de câmaras em série.

**b.** As fossas de câmara única podem ser prismáticas ou cilíndricas conforme se pode observar nas Fig 7-2 e 7-3.

| CONTRIBUIÇÃO | DEFINIÇÕES INTERNAS (m) | | |
|---|---|---|---|
| NC (litros/dia) | Comprimento | Largura | Altura |
| 750 | 1,60 | 0,80 | 1,00 |
| 1.500 | 2,30 | 1,10 | 1,00 |
| 2.250 | 2,45 | 1,10 | 1,40 |
| 3.000 | 3,00 | 1,30 | 1,30 |
| 4.500 | 3,15 | 1,50 | 1,60 |
| 6.000 | 3,20 | 1,50 | 2,10 |

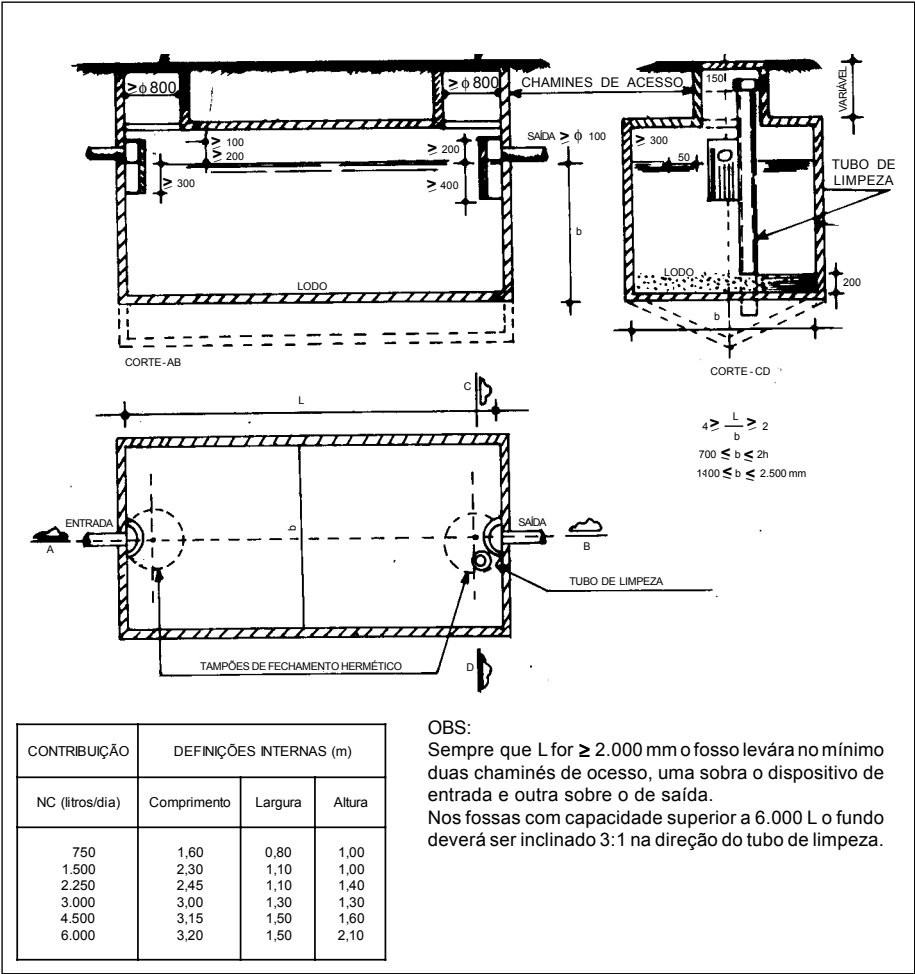



Fig 7-2. Fossa séptica prismática

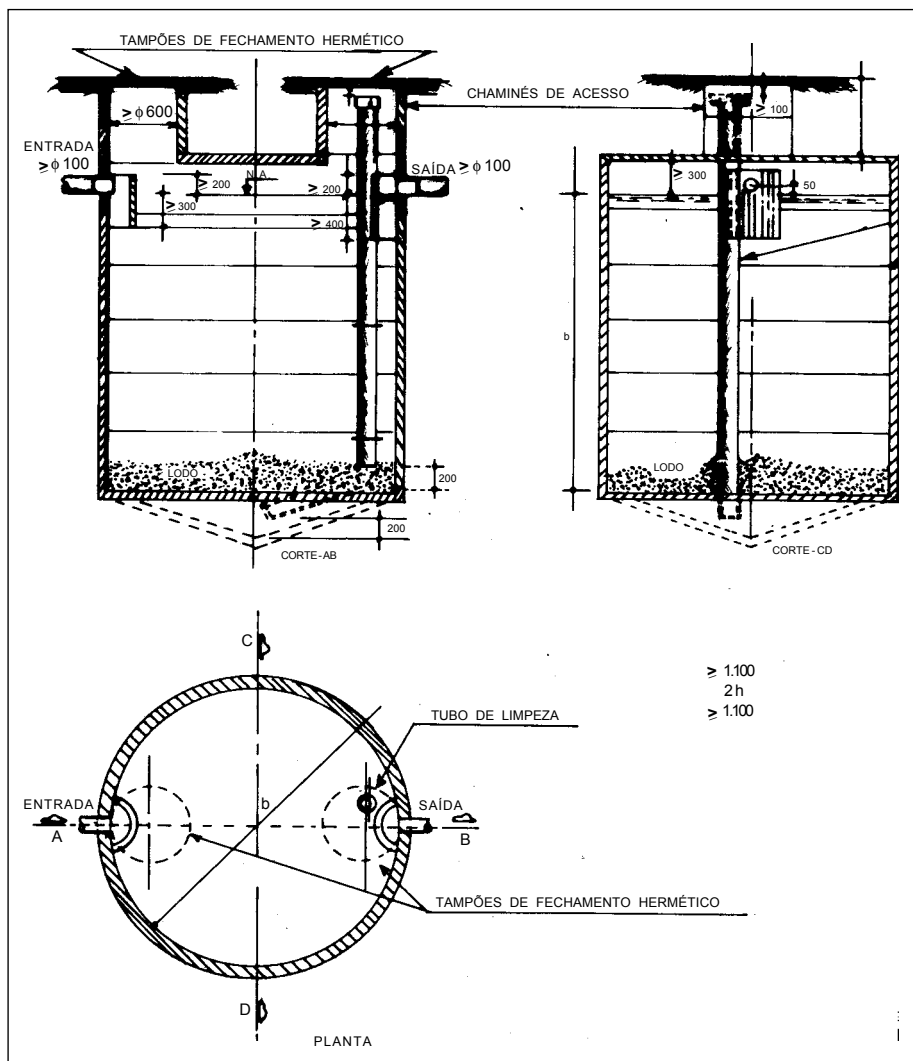



Fig 7-3. Fossa séptica cilíndrica

## 7-6. DIMENSIONAMENTO DE FOSSAS SÉPTICAS DE CÂMARA ÚNICA

**a.** As fossas sépticas de câmara única são constituídas de um só compartimento onde se processam, ao mesmo tempo, os fenômenos da digestão e da decantação.

**b.** Para o dimensionamento de fossas sépticas de câmara única usa-se a fórmula simplificada:

$$V = N \cdot \left(C \cdot T + 100 \cdot L_f\right)$$

Onde:

V = volume útil (litros)
N = quantidade de contribuintes (indivíduos - pessoas)
C = contribuição de despejos (litros/pessoa/dia) - (Tab 7-1).
T = período de detenção (dias) - (Tab 7-2).
Lf = contribuição de lodo fresco (litros/pessoa/dia) - (Tab 7-1).

| Prédio | Unidade | Contribuição (litros/dia) | |
|---|---|---|---|
| | | **Esgotos (C)** | **Lodo Fresco (Lf)** |
| 1 - Ocupantes Permanentes | | | |
| Hospitais | Leito | 250 | 1 |
| Apartamentos | Pessoa | 200 | 1 |
| Residências | Pessoa | 150 | 1 |
| Escolas - internatos | Pessoa | 150 | 1 |
| Quartéis | Pessoa | 150 | 1 |
| Casas populares - rurais | Pessoa | 120 | 1 |
| Hotéis - sem cozinha e lavanderia | Pessoa | 120 | 1 |
| Alojamentos provisórios | Pessoa | 80 | 1 |
| | | | |
| 2 - Ocupantes Temporários | | | |
| Fábrica em geral (só os despejos domésticos) | Operário | 70 | 0,30 |
| Escolas - externatos | Pessoa | 50 | 0,20 |
| Edifícios públicos ou comerciais | Pessoa | 50 | 0,20 |
| Escritórios | Pessoa | 50 | 0,20 |
| Restaurantes e similares | Refeição | 25 | 0,10 |
| Cinemas, teatros e templos | Lugar | 2 | 0,02 |

Tab 7-1. Tabela de contribuições unitárias de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupantes

| Contribuição em litros por dia (C1) (C x número de pessoas) | Período de Detenção | |
|---|---|---|
| | **Em horas** | **Em dias (T)** |
| Até 6.000 | 24 | 1 |
| 6.000 a 7.000 | 21 | 0,875 |
| 7.000 a 8.000 | 19 | 0,79 |
| 8.000 a 9.000 | 18 | 0,75 |
| 9.000 a 10.000 | 17 | 0,71 |
| 10.000 a 11.000 | 16 | 0,67 |
| 11.000 a 12.000 | 15 | 0,625 |
| 12.000 a 13.000 | 14 | 0,585 |
| 13.000 a 14.000 | 13 | 0,54 |
| Acima de 14.000 | 12 | 0,50 |

Tab 7-2. Tabela de período de detenção dos despejos

**c.** Para a fossa de forma prismática retangular (de emprego mais comum) temos que obedecer o seguinte:

(1) Largura interna mínima .................................................. $b \geq 0,70$ m
(2) Relação entre o comprimento (L) e a largura (b) ............. $4 \geq L / b$ 2
(3) Profundidade útil (h) ......................................... $2,50 m \geq h \geq 1,10 m$
(4) Relação entre largura (b) e profundidade útil (h) ................ $b \geq 2 \times h$

## 7-7. EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO

**a.** Dimensionar uma fossa séptica de câmara única, de forma prismática retangular, para uma instalação residencial com quatro pavimentos, tendo em cada pavimento 06 (seis) apartamentos de dois quartos e com dependência de empregada.

**b. Solução:**

N = 4 andares x 6 apartamentos x 5 ocupantes = 120 contribuintes,
C = 200 litros/pessoa/dia (Tab 7-1)
T = 0,5 dias (o despejo total diário é de 120 x 200 = 24.000 litros)
Lf = 1,0 litro/pessoa/dia
V = N.( C.T + 100. Lf ) = 120 . ( 200 . 0,5 + 100 . 1 ) = 24.000 litros = 24 m3
Arbitrando um valor para $1,10 \geq h \geq 2,5$ Þ h = 2,0 m, e como $2 \geq L / b \geq 4$ adotando, por exemplo, L = 3.b, teremos:
$V = b.L.h \Rightarrow V = b.(3.b).2 = 6.b2 = 24 \Rightarrow b2 = 4 \Rightarrow b = 2,0$ m
Logo, L = 6,0 m

**c. Verificações:**

b = 2 e h = 2 o que atende $0,7 < b$ e $b \geq 2.h$
$V = 2 . 2 . 6 = 24 m^3 \geq 24 m^3$ OK

## 7-8. CONSTRUÇÃO DA FOSSA

**a.** As fossa sépticas poderão ser construídas em concreto armado, em alvenaria ou qualquer outro material disponível. O importante é que o material empregado garanta estanqueidade e tenha as dimensões mínimas de cálculo.

**b.** As fossa cilíndricas são normalmente construídas com anéis pré-moldados de concreto.

**c.** A Fig 7-4 exemplifica uma maneira de confeccionar as formas para a execução de uma fossa prismática retangular em concreto armado.

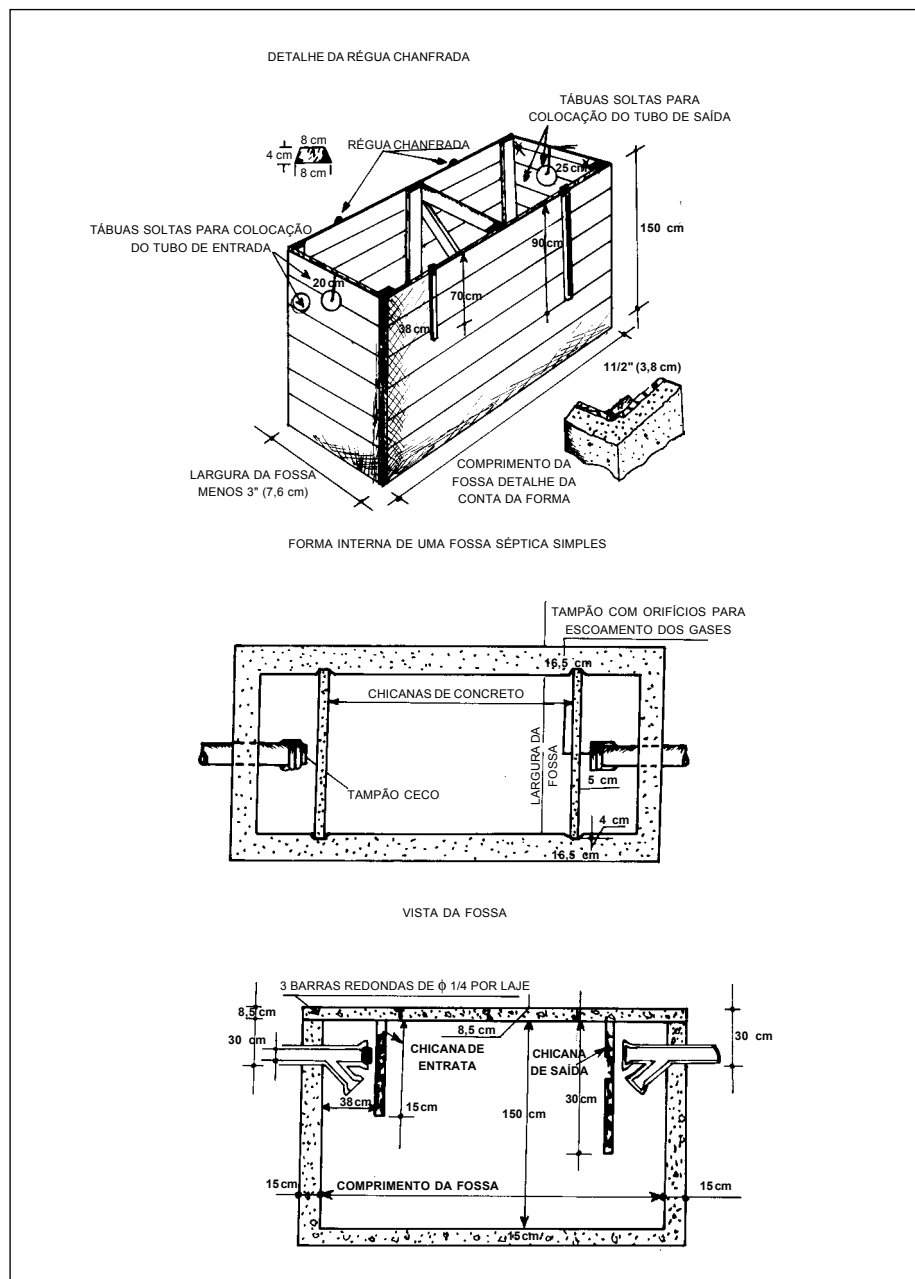



Fig 7-4. Exemplo da Forma de Construção de Fossa Séptica

## ARTIGO II

## DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES

### 7-9. DESTINAÇÃO FINAL DOS EFLUENTES

**a.** Os despejos de esgotos oriundos das edificações, após tratados pelas fossas sépticas, produzem o que denominamos de efluentes. Esses produtos devem receber uma destinação final que os conduzirão, na medida do possível, às estações de tratamento. Nos locais onde não se disponha dessas estações faz-se necessário lançar os efluentes na natureza, de forma que a agressão seja mínima. Isto é o que se denomina de disposição de efluentes.

**b.** Os efluentes de fossas sépticas poderão ser dispostos da seguinte maneira:

(1) No solo, através de valas de infiltração, por irrigação sub-superficial (Fig 7-5).

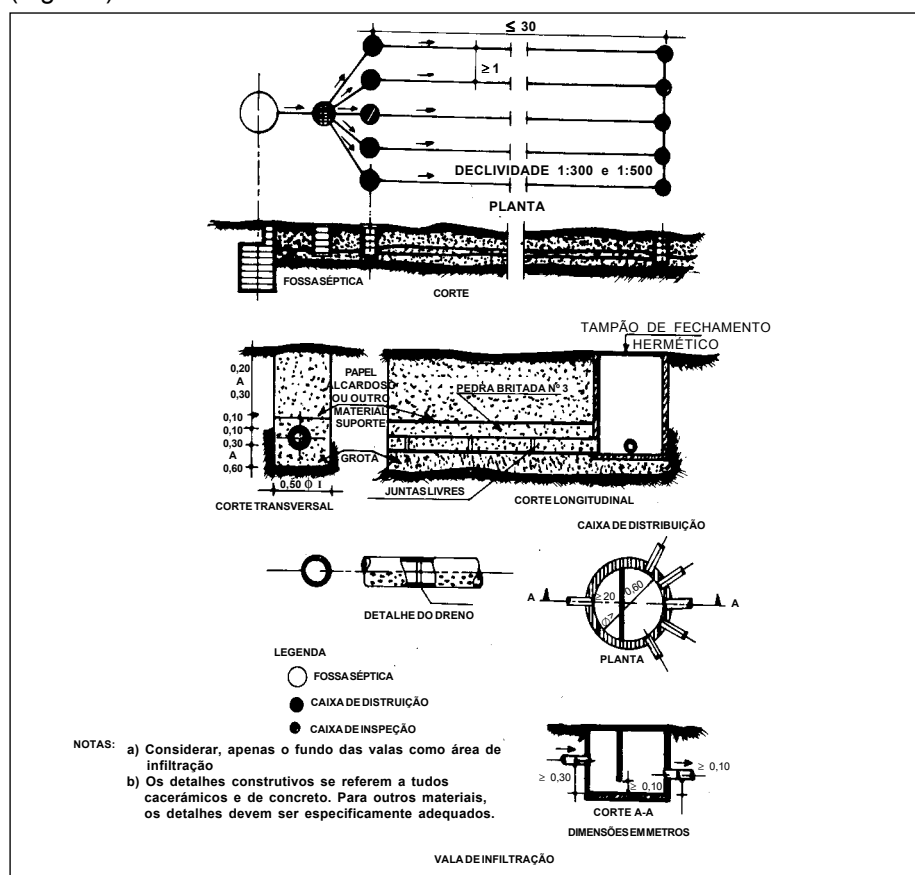



Fig 7-5. Vala de infiltração

(2) No solo, através de sumidouros, por infiltração subterrânea (Fig 7-6).

Fig 7-6. Sumidouro

(3) Em águas de superfície, após passar por valas de filtração (Fig 7-7).

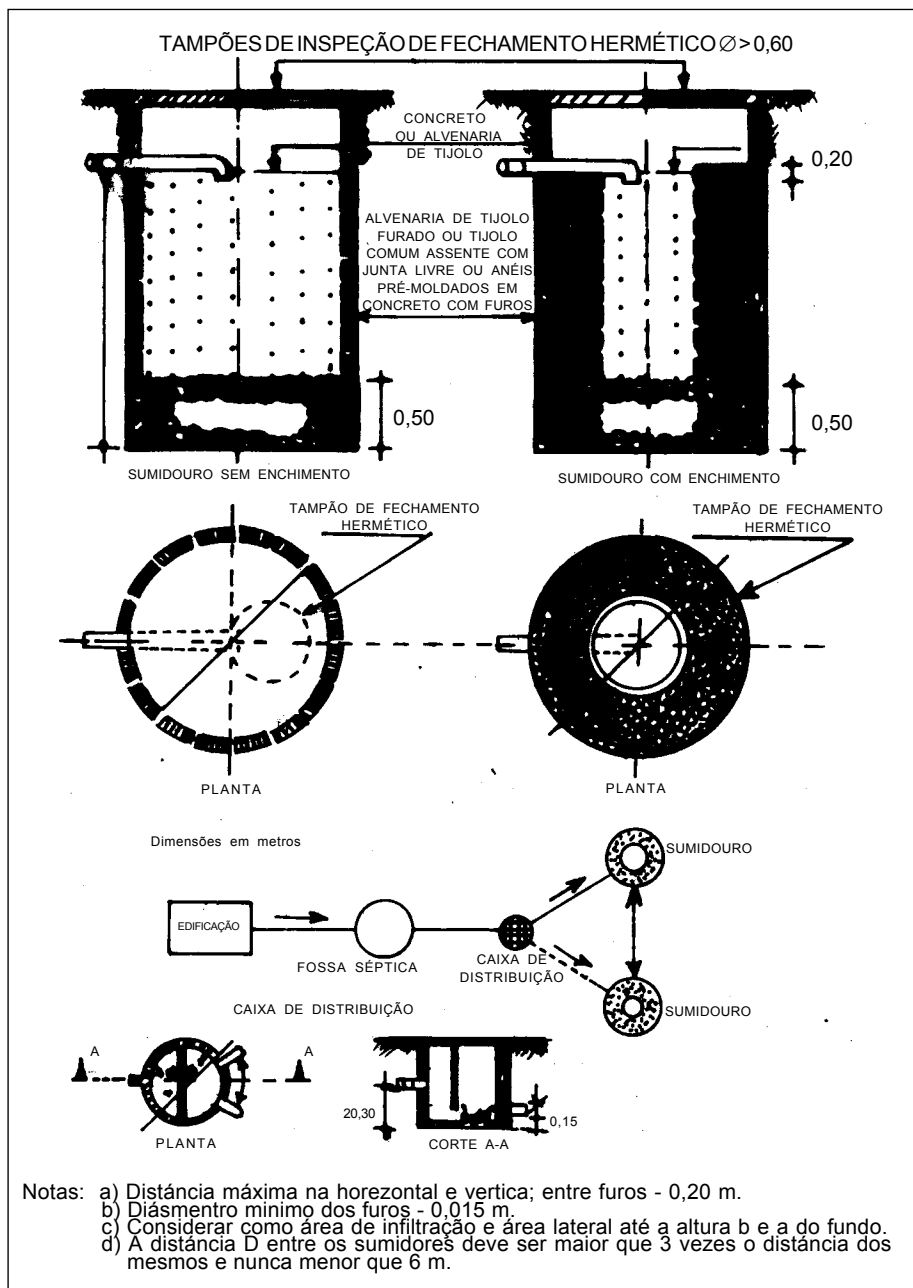



Fig 7-7. Vala de filtração

## 7-10. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DE DISPOSIÇÃO

**a. Valas de infiltração** - São dimensionadas com base na capacidade de absorção do terreno e considerando como superfície útil de absorção a do fundo da vala. Desta forma teremos como calcular o comprimento total das valas. As valas de infiltração terão largura mínima de 0,50 m, profundidade entre 0,40 e 0,90 m e serão assentes com tubos de diâmetro mínimo de 0,10 m. Deverá haver no mínimo duas valas de infiltração por fossa séptica. Demais prescrições a serem adotadas na construção das valas (Fig 7-5).

**b. Sumidouros** - as dimensões dos sumidouros serão determinadas em função da capacidade de absorção do terreno, calculada segundo a Tab 7-3, devendo ser considerada como superfície útil de absorção a do fundo e a das paredes laterais até o nível de entrada do efluente (Fig 7-6).

**c. Valas de filtração** - As valas de filtração possuem de 1,20 a 1,50 m de profundidade, com 0,50 m de largura na soleira. Deverão ter a extensão mínima de 6,00 m por pessoa ou equivalente, não sendo admissível menos do que duas valas para o atendimento a uma fossa séptica (Fig 7-7).

## 7-11. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE UM SOLO

**a.** Para se saber qual a melhor solução a adotar para disposição do efluente de uma fossa séptica, é necessário conhecer as condições de permeabilidade do solo. Para a realização de ensaio sumário, propõe-se o seguinte, em seis pontos do terreno que vai ser utilizado para disposição do efluente:

(1) Proceder à abertura de uma vala, cujo fundo deverá coincidir com o plano útil de absorção.

(2) No fundo da vala abrir um buraco de seção quadrada de 30 cm de lado e 30 cm de profundidade. Raspar o fundo e os lados do buraco com a ponta de uma faca ou outro objeto perfurante para que fiquem bem ásperas. Retirar do fundo do buraco qualquer terra solta e enchê-lo com uma camada de 5 cm de brita nº 1 bem limpa. Em seguida, manter o buraco cheio com água durante quatro horas. Adicionar mais água à medida que ela vai se infiltrando no terreno. Este procedimento fará com que as condições do terreno nos buracos se aproximem dos apresentados em épocas de grandes chuvas.

(3) No dia seguinte, encher o buraco com água, aguardando que se escoe completamente.

(4) Encher novamente o buraco com água até a altura de 7 cm, marcando o intervalo de tempo em que o nível baixe 1 cm. Em terrenos arenosos ou muito absorventes, onde a água, no buraco, infiltra 15 cm em menos de 30 minutos, deve-se fazer seis testes de absorção com espaços de 10 minutos entre cada teste. O intervalo marcado para o último teste deve então ser anotado como verdadeiro.

(5) Com os tempos determinados na quarta operação poderá ser calculada a capacidade de absorção do terreno em l/m2/dia.

**b.** Para sumidouros, fazer a prova em seis profundidades e adotar para efeito de cálculo o menor coeficiente de infiltração.

**c.** Na impossibilidade ou na dificuldade extrema de realizar os testes, pode-se utilizar os dados da Tab 7-3 como uma aproximação do valor dos coeficientes de infiltração de diversos solos. No entanto, estes dados podem conduzir a resultados insatisfatórios.

| Prédio | Unidade | Contribuição (litros/dia) | |
|---|---|---|---|
| | | Esgotos (C) | Lodo Fresco (Lf) |
| 1 - Ocupantes Permanentes | | | |
| Hospitais | Leito | 250 | 1 |
| Apartamentos | Pessoa | 200 | 1 |
| Residências | Pessoa | 150 | 1 |
| Escolas - internatos | Pessoa | 150 | 1 |
| Quartéis | Pessoa | 150 | 1 |
| Casas populares - rurais | Pessoa | 120 | 1 |
| Hotéis - sem cozinha e lavanderia | Pessoa | 120 | 1 |
| Alojamentos provisórios | Pessoa | 80 | 1 |
| | | | |
| 2 - Ocupantes Temporários | | | |
| Fábrica em geral (só os despejos domésticos) | Operário | 70 | 0,30 |
| Escolas - externatos | Pessoa | 50 | 0,20 |
| Edifícios públicos ou comerciais | Pessoa | 50 | 0,20 |
| Escritórios | Pessoa | 50 | 0,20 |
| Restaurantes e similares | Refeição | 25 | 0,10 |
| Cinemas, teatros e templos | Lugar | 2 | 0,02 |

Tab 7-3. Tabela para determinação aproximada da capacidade de absorção dos solos.

| DISPOSITIVO | COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO |
|---|---|
| VALA DE FILTRAÇÃO | $< 20$ l / m$^2$ |
| VALA DE INFILTRAÇÃO | Entre 20 e 40 l / m$^2$ |
| SUMIDOURO | $> 40$ l / m$^2$ |

Tab 7-4. Tabela para decisão do elemento de disposição a adotar.

## 7-12. EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO

Supondo que o despejo total diário em uma fossa séptica seja 3600 litros, dimensionar:

**a.** Um sumidouro, considerando que o lençol freático encontra-se a 6m de profundidade, que a tubulação de saída está enterrada a 1,5 m e que o solo é de areia.

Pela Tab 7-3 ⇒ areia = 90 l / $m^2$. dia (adotado)
Área necessária = 3600 / 90 = 40 $m^2$
Profundidade útil = 6 – 1,5 = 4,5 m (adotado 4,0 m devido ao lençol)
Considerando um sumidouro cilíndrico, teremos:
Área das paredes = $2 . \pi . R . h = 2 . \pi . R . 4 = 40$ m2 ⇒ R = 1,6 m

**b.** Uma vala de infiltração, considerando que o solo é de argila amarela e que a retroescavadeira disponível tem concha com 0,5 m de largura.

Pela Tab 7-3 ⇒ argila amarela = 40 l / $m^2$. dia (adotado)
Área necessária = 3600 / 40 = 90 $m^2$
Comprimento da vala = 90 / 0,5 = 180 m
Logo serão 6 valas com 30 m

c. Uma vala de filtração, considerando que os despejos são oriundos de 18 pessoas.

Comprimento da vala = 18 . 6 = 108 m

Logo, aproximando para mais, serão 4 valas de 30 m.

# CAPÍTULO 8

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

## ARTIGO I

## GENERALIDADES

### 8-1. RESPONSABILIDADE

**a.** A Eng é responsável pela construção, conservação, reparação e operação de sistemas de energia elétrica do TO.

**b.** No BRASIL as instalações elétricas de baixa tensão são regidas pela “NBR-5410/90 - Norma Brasileira de Instalações Elétricas de Baixa Tensão”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e por isso, as informações aqui contidas estão de acordo com elas.

### 8-2. GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

**a.** A energia elétrica pode ser obtida em campanha através dos grupos geradores das dotações orgânicas ou através dos sistemas de energia elétrica das concessionárias de energia elétrica. A energia elétrica nestes casos será sempre obtida em baixa tensão.

**b.** Os Batalhões de Engenharia de Combate - BEC - possuem geradores portáteis, sobre reboques ou estacionários que podem fornecer energia elétrica sob a forma de corrente alternada, monofásica ou trifásica.

**c.** Os BEC possuem em sua dotação cinco geradores de 4 kVA, monofásico, 110V, 60Hz e um de 7,5 kVA, monofásico, 110 ou 220V, 60Hz.

**d.** Nas unidades de fronteira a eletricidade também é gerada através de mini-usinas chamadas PCH, pequenas centrais hidroelétricas, que aproveitam um

pequeno desnível do curso do rio ou, através de um sistema de flutuadores, aproveitam o fluxo da lâmina d'água para acionar uma roda d'água cujo movimento aciona um gerador elétrico. A potência máxima de uma PCH é de 15 kVA.

**e.** No BRASIL toda a energia é gerada sob a forma trifásica, alternada em 60 ciclos por segundo, isto é, 60 Hertz (Hz).

**f.** A energia elétrica pode ser gerada nas tensões de 127 / 220 volts ou 220/ 380 volts, dependendo da região onde estejamos. No interior do RIO GRANDE DO SUL encontramos a tensão de uma fase para o neutro de 220 volts e entre duas fases 380 volts. No RIO DE JANEIRO encontramos a tensão de uma fase para o neutro de 127 volts e entre duas fases de 220 volts. Antes de ligar qualquer aparelho a uma tomada deve-se verificar, com o auxílio de um voltímetro qual é a sua tensão.

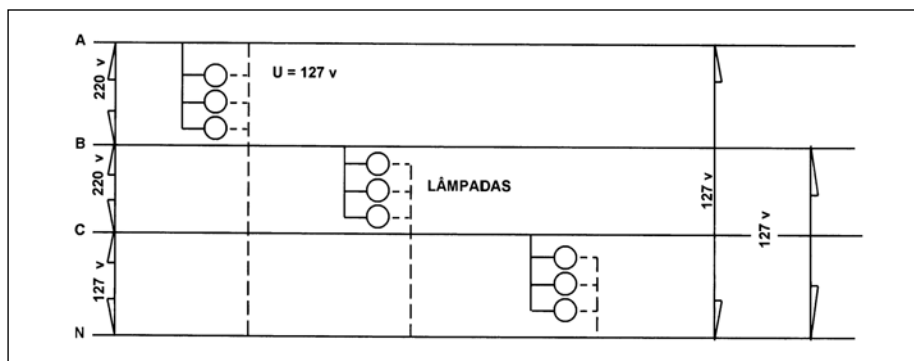



Fig 8-1. Sistema elétrico a 4 fios

**g.** A relação que guarda a tensão entre uma fase e o neutro e a tensão entre duas fases do mesmo sistema é:

$V_{F-F} = V_{F-N} \times \sqrt{3}$, isto é, $220 = 127 \times 1{,}732$

## ARTIGO II

## DEFINIÇÕES BÁSICAS

### 8-3. POTENCIAL ELÉTRICO OU TENSÃO ELÉTRICA

**a.** A tensão elétrica é a diferença de concentração de elétrons entre dois pontos do circuito de corrente.

**b.** A unidade de tensão é o ' volt ', representado pela letra maiúscula ' V '.

**c.** 01 (um) volt é a tensão necessária para fazer com que 01 ampère (A) de corrente circule por um resistor de 01 (um) ohm (Ω).

**d.** A medida de tensão é feita por intermédio de um aparelho chamado "voltímetro", ligado em paralelo ao circuito ou equipamento que se deseja medir.

## 8-4. CORRENTE ELÉTRICA

**a.** Quando entre dois pontos de um condutor existe uma diferença entre as concentrações de elétrons, isto é, de carga elétrica, diz-se que existe um potencial elétrico ou uma tensão elétrica entre esses dois pontos e os elétrons livres irão se deslocar de modo a restabelecer o equilíbrio elétrico no corpo.

**b.** Portanto, corrente elétrica é o deslocamento dos elétrons livres através do corpo condutor.

**c.** A intensidade de corrente elétrica é caracterizada pelo número de elétrons livres que atravessa uma determinada seção do condutor na unidade de tempo.

**d.** A unidade de intensidade da corrente elétrica é o ampère (A).

**e.** O aparelho que mede a intensidade de corrente elétrica é o amperímetro, ligado em série com o circuito ou equipamento que se deseja medir.

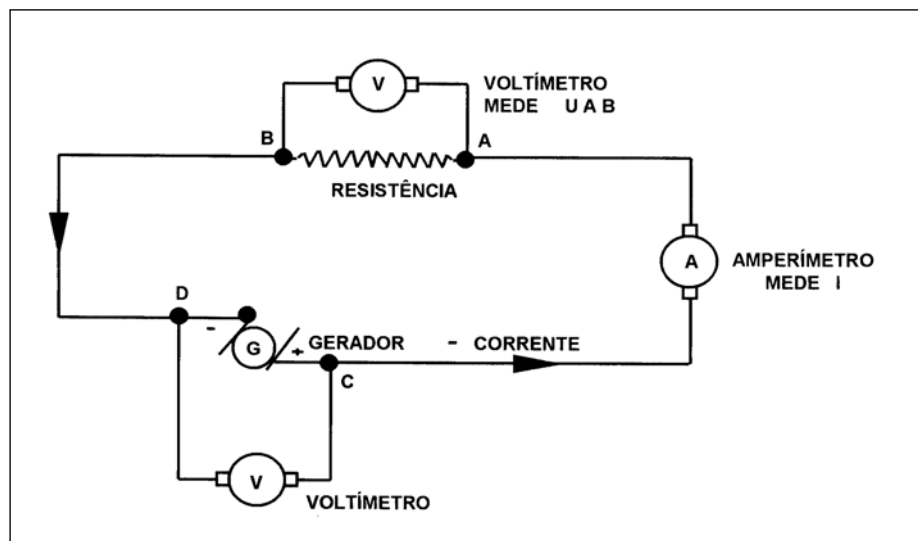



Fig 8-2. Circuito elétrico

## 8-5. FREQÜÊNCIA ELÉTRICA

**a.** A energia elétrica poderá ser produzida de modo contínuo ou alternado.

**b.** No modo contínuo o valor da tensão assume um valor constante e não oscila. É o caso das baterias de carro, cuja tensão é constante em + 12 V.

**c.** A energia elétrica dita de corrente contínua (CC, ou DC - direct current), é aquela na qual os elétrons se deslocam sempre no mesmo sentido.

**d.** A energia elétrica dita de corrente alternada (CA, ou AC - alternating current) é aquela na qual o sentido de deslocamento dos elétrons muda periodicamente.

**e.** O valor da tensão varia periodicamente obedecendo uma curva senoidal de 60 Hz.

**f.** O aparelho que mede a freqüência chama-se freqüencímetro.

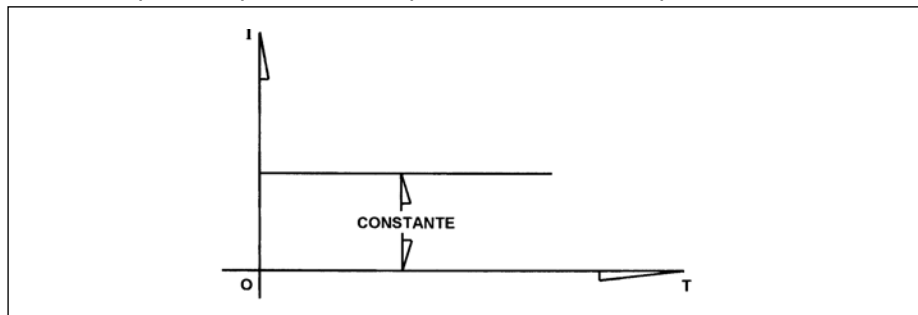



Fig 8-3. Corrente contínua

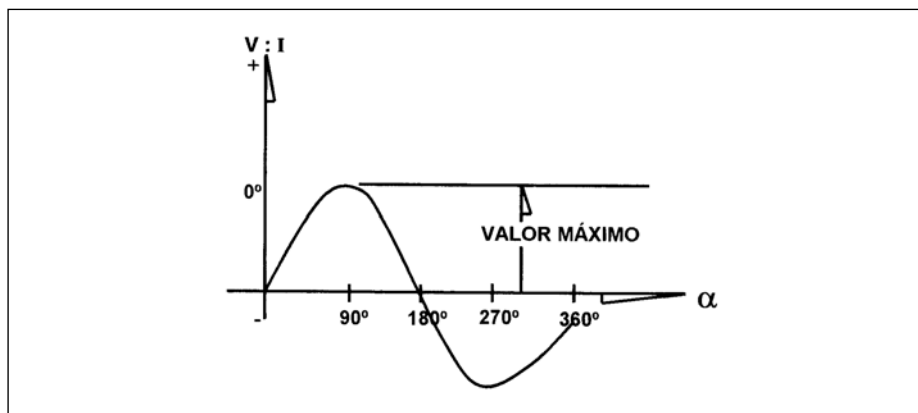



Fig 8-4. Corrente alternada

## 8-6. RESISTÊNCIA ELÉTRICA

**a.** Existe uma certa força de atração entre os elétrons e os respectivos núcleos atômicos dos materiais, o que dificulta a sua liberação para o estabelecimento de uma corrente elétrica.

**b.** Esta oposição ao arrancamento de elétrons dificulta o fluxo de corrente que quer se estabelecer através do corpo designa-se resistência elétrica.

**c.** Nos materiais condutores a resistência é pequena e nos materiais ditos isolantes a resistência é muito grande.

**d.** A unidade de medida da resistência elétrica é o ohm (Ω).

**e.** A resistência elétrica de um condutor depende de quatro fatores:
(1) material de que é fabricado
(2) comprimento
(3) área da seção transversal
(4) temperatura ambiente

**f.** Resistividade ou resistência específica é a resistência unitária, ou seja, de um condutor de um metro, com seção de 1 mm², a uma temperatura constante. Seu símbolo é o Ω (rô) e sua unidade é ohm x cm.

**g.** A resistência de um condutor de seção uniforme, expressa em ohms, é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

**onde:**
L - comprimento do condutor (m)
S - seção reta do condutor (mm²)
Ω - resistividade do condutor (Ω x mm² / m)
valores da resistividade "Ω" a 15ºC:
cobre - 0,0178 Ω x mm² / m
alumínio - 0,028 Ω x mm² / m
prata-liga - 0,300 Ω x mm² / m

**h.** Logo, pode-se deduzir que quanto maior o fio, maior a resistência, isto é, quanto mais distante estiver um equipamento, maior será a resistência elétrica a vencer.

**i.** Quanto maior for a bitola do fio empregado, menor será a resistência elétrica a vencer.

**j.** Exemplo: calcule a resistência de um condutor de cobre a 15ºC, sabendo-se que a sua seção transversal é de 3 mm² e que seu comprimento é de 200 m.

**Solução:**
para o cobre, ρ a 15ºC = 0,0178 Ω x mm² / m
a resistência é dada por $R = \rho \frac{L}{S}$

logo, $R = 0{,}0178 \frac{200}{3} = 1{,}186$ ohms

**k.** A resistência do condutor aumenta com o aumento da temperatura.

## 8-7. LEI DE OHM

"A intensidade da corrente "i" que percorre um condutor é diretamente proporcional à tensão "V" que a produz e inversamente proporcional à resistência "R" do condutor".

$$i = \frac{V}{R}$$

## 8-8. CIRCUITOS COM RESISTÊNCIAS EM SÉRIE

**a.** Diz-se que existem resistências (resistores) associados em série quando as mesmas são ligadas, extremidade com extremidade, diretamente ou por trechos de condutores.

**b.** A figura abaixo mostra que a mesma corrente "i" percorre todas as resistências e que a tensão "V" se divide pelos diversos elementos que constituem o circuito.

**c.** A resistência total equivalente será a soma das resistências em série no circuito:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n$$

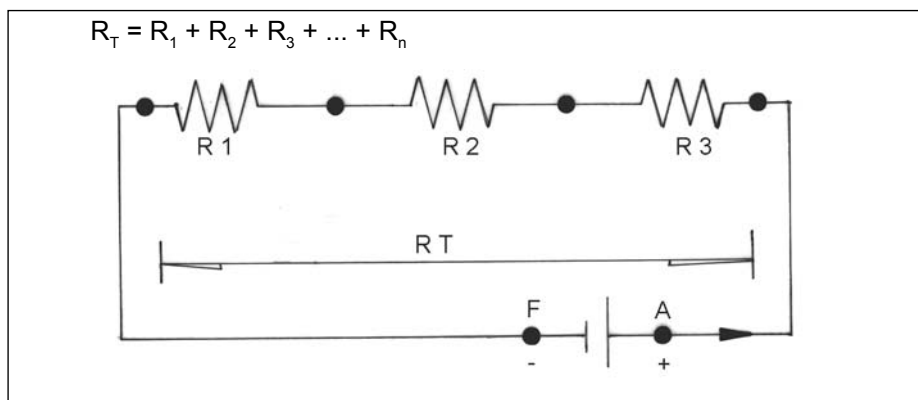



Fig 8-5. Resistências em série

## 8-9. CIRCUITOS COM RESISTÊNCIAS EM PARALELO

**a.** No circuito em paralelo, as extremidades das resistências são ligadas a um ponto comum. As diversas resistências estão submetidas à mesma diferença de potencial, e a intensidade de corrente total é dividida entre os elementos do circuito, de modo inversamente proporcional às resistências.

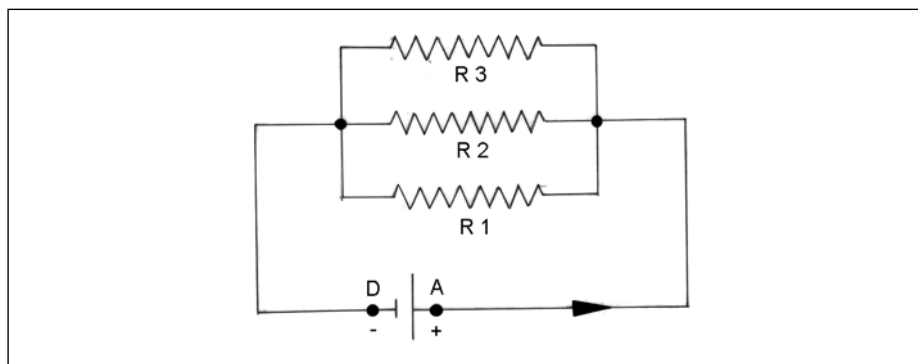



Fig 8-6. Resistências em paralelo

**b.** se um certo número de resistências $R_1$ ,$R_2$ ,$R_3$, .... $R_n$ estiverem associadas em paralelo, a resistência efetiva ou equivalente do conjunto poderá ser calculada por:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

## 8-10. POTÊNCIA ELÉTRICA

**a.** Potência é defina como sendo “o trabalho efetuado na unidade de tempo”.

**b.** A potência elétrica, para um circuito com resistência, é obtida pelo produto da tensão pela intensidade de corrente:

$$P = V \times i$$

**c.** A unidade de potência elétrica é o watt (W).

**d.** Sabendo-se pela lei de Ohm que $V = R \times i$, então:

$P = V \times i = (R \times i) \times i = R \times i^2$

e

$P = V \times (V / R) = V^2 / R$

**e. Exemplo:** um chuveiro elétrico indica na plaqueta a potência de 3000W e a tensão nominal de 220V. Quais os valores da corrente que absorve e da resistência do mesmo?

**Solução:**

$i = P / V = 3000 / 220 = 13{,}6$ A

e

$R = V^2 / P = 220^2 / 3000 = 16{,}1\ \Omega$

**f. Exemplo:** se ligarmos uma lâmpada de 100W de potência e 220V de tensão nominal em uma rede de tensão nominal 127V, qual será a potência fornecida pela lâmpada?

**Solução:**

a resistência do filamento é a mesma, portanto R = R’.

P = 100 W

$P = V^2 / R \rightarrow 100 = 220^2 / R \rightarrow R = 220^2 / 100$

e $P' = V'^2 / R' \rightarrow P' = 127^2 / R'$ ,mas $R = R' \rightarrow P' = 127^2 \times 100 / 220^2 = 0{,}333 \times 100$

Ou seja, a potência de iluminação da lâmpada reduz para apenas 33%.

## 8-11. ENERGIA E TRABALHO

**a.** A energia consumida ou o trabalho elétrico T efetuado é dado pelo produto da potência P pelo tempo t, durante o qual o fenômeno elétrico ocorre. As fórmulas que permitem calcular este valor são:

T = P x t = watt x hora (Wh)
ou
T = V x i x t = watt x hora (Wh)

**b.** 1000 Wh = 1kWh

**c.** O consumo de energia elétrica é medido em kWh pelos aparelhos medidores de consumo das concessionárias de energia elétrica e a tarifa é cobrada em termos de consumo, expresso na mesma unidade.

## ARTIGO III

## GERAÇÃO DE ENERGIA

### 8-12. GERADORES DE CAMPANHA

**a.** Todos os grupos geradores têm sua potência expressa em kVA (quilovolt-ampère).

**b.** A potência em kVA é chamada POTÊNCIA APARENTE e retrata a potência total que o grupo gera.

**c.** A potência em kW (quilowatt) é chamada de POTÊNCIA ATIVA e retrata a potência total que o grupo pode efetivamente FORNECER.

**d.** Para obtermos a POTÊNCIA ATIVA em kW, multiplicamos a potência em kVA pelo FATOR DE POTÊNCIA (FP), que também é chamado de “cos Ø” (leia-se “cosseno fi”), lida na placa do gerador, conforme a equação abaixo:
kW = kVA x FP

**e.** Para fins de padronização, os montadores de grupos geradores estabeleceram o fator de potência de 0,80 para a apresentação de seus grupos. Assim, um grupo de 125 kVA poderá fornecer no máximo 100 kW, conforme mostra o cálculo abaixo:
100 kW = 125 kVA x 0,8

**f.** O fator de potência é, contudo, uma característica exclusiva da carga e não do grupo gerador.

**g.** Uma carga puramente resistiva, tal como uma lâmpada incandescente ou uma resistência elétrica de aquecimento de água tem um fator de potência igual a 1,0.

**h.** Por outro lado, os enrolamentos de um motor elétrico são cargas indutivas e produzem a defasagem do “fator de potência”.

**i.** O “fator de potência” varia conforme a potência do motor utilizado e pode ser lida na placa de identificação.

**j.** Outros equipamentos também produzem a defasagem do fator de potência mas não são relevantes para o nosso estudo.

**k.** Assim, as indutâncias produzem a defasagem do fator de potência e o consumo de energia dita reativa que não é efetivamente consumida.

**l.** Para a escolha de um gerador devemos calcular a carga total instalada em kW.

**m.** As cargas cuja potência estiver expressa em kVA deverão ser convertidas em kW através da seguinte fórmula:
kW = kVA x FP

**n.** A verificação da freqüência que está sendo produzida pelo grupo-gerador também é muito importante para o correto funcionamento dos equipamentos.

**o.** Verifica-se a freqüência de saída do grupo-gerador no freqüencímetro instalado no painel.

**p.** Quando o grupo-gerador estiver operando em vazio, isto é, sem carga, é natural que a freqüência esteja um pouco acima de 60 Hz assim, quando o grupo estiver com a carga máxima a freqüência abaixará para 60 Hz.

**q.** O ajuste da freqüência dos grupo-geradores é feito atuando-se no controle de velocidade (rpm) mas, na maioria dos grupo-geradores de grande porte o controle é automático.

**r.** Quando for necessário empregar mais de um gerador, devemos sempre ligá-los em circuitos separados, nunca em série ou em paralelo num mesmo circuito.

**s.** Tal regra é imperativa para geradores de corrente alternada portáteis porque as freqüências geradas nunca serão rigorosamente as mesmas.

**t.** Como o nível de tensão gerado também depende da sua freqüência, deduzimos que haveria a circulação de correntes entre os geradores, o que pode vir a danificá-los.

**u.** A diferença entre as correntes que são produzidas em cada fase do gerador podem diferençar no máximo 20% entre si. Se essa diferença for verificada, os circuitos que o gerador alimenta deverão ser redistribuídos entre as fases, buscando seu equilíbrio.

**v.** Fases sobrecarregadas podem danificar o gerador, queimando seus enrolamentos.

## ARTIGO IV

## DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

### 8-13. SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

**a.** O abastecimento de energia elétrica em campanha pode ser mais bem

entendido se imaginarmos uma usina de pequeno porte (unidades geradoras a diesel ou pequenas centrais hidrelétricas) gerando em baixa tensão e alimentando cargas próximas. A figura abaixo visualiza tal sistema.

**b. Simbologia adotada:**

Gerador
Rede aérea
Rede subterrânea
Condutor (fio) neutro
Condutor (fio) fase

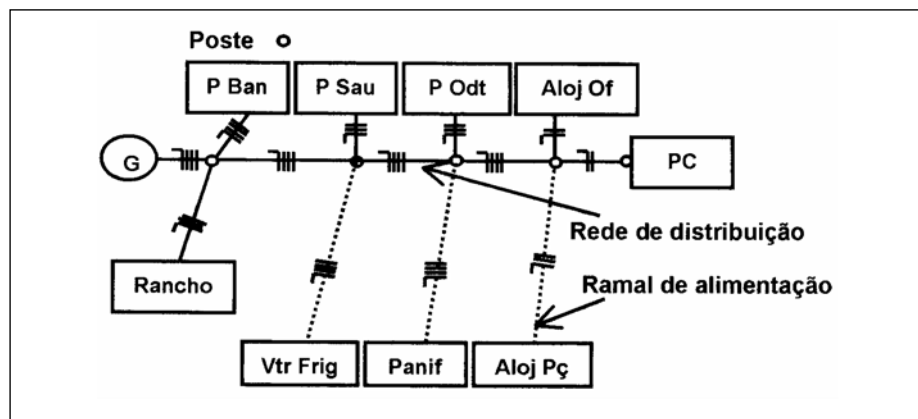
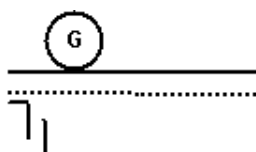



Fig 8-7. Rede de distribuição de energia eletrica

**c.** A partir da unidade geradora saem quatro fios, um por fase e um para o fio neutro.

**d.** Os ramais de ligação, ligados a partir da rede geral de distribuição, podem ser monofásicos (um fio de fase e um fio de neutro), bifásicos (dois fios de fase e um fio de neutro) ou trifásicos (três fios de fase e um fio de neutro), conforme a potência elétrica da carga instalada e/ou as características dos equipamentos instalados.

**e.** Os ramais de ligação podem ser aéreos ou subterrâneos, conforme a necessidade de haver tráfego de viaturas.

## ARTIGO V

## DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA AÉREA

### 8-14. REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA

**a.** A rede de distribuição aérea compreende o lançamento de cabos elétricos isolados ou não isolados, suspensos em isoladores redondos de plástico ou de porcelana fixados, diretamente ou através de braçadeiras de ferro galvanizado, a postes de madeira, concreto ou mesmo de ferro (pontaletes), paredes de alvenaria ou madeira.

**b.** Os isoladores também poderão ser improvisados com pedaços de madeira, formando espaçadores entre os fios.

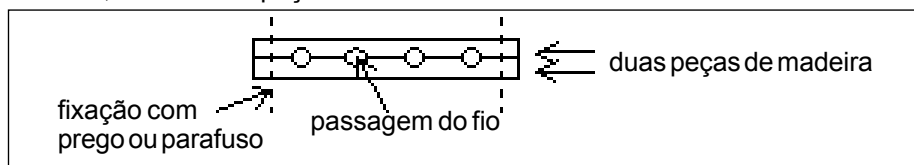



Fig 8-8. Espaçador de madeira

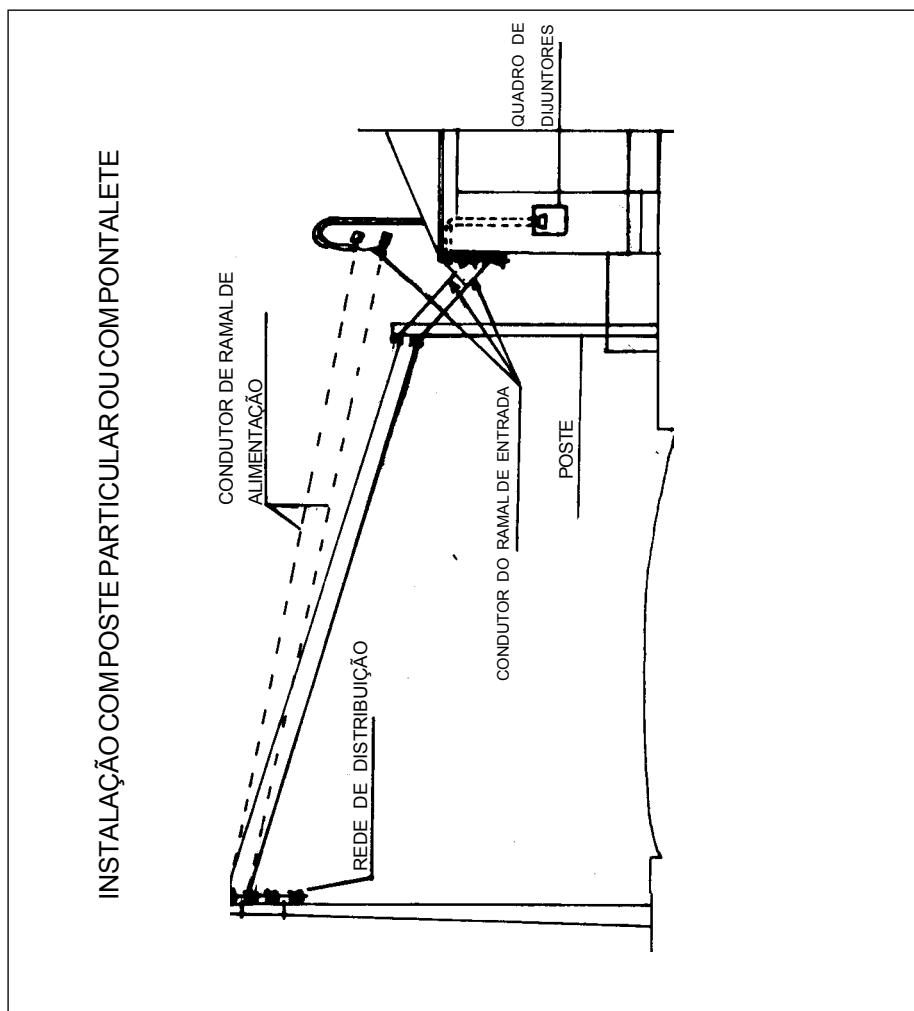
**c.** A rede áerea oferece restrição à passagem de veículos e/ou equipamentos.



Fig 8-9. Rede e ramal de alimentação aéreo

**d.** O desenho abaixo é uma orientação das distâncias de segurança mínimas a serem obedecidas no caso de redes aéreas de baixa tensão.

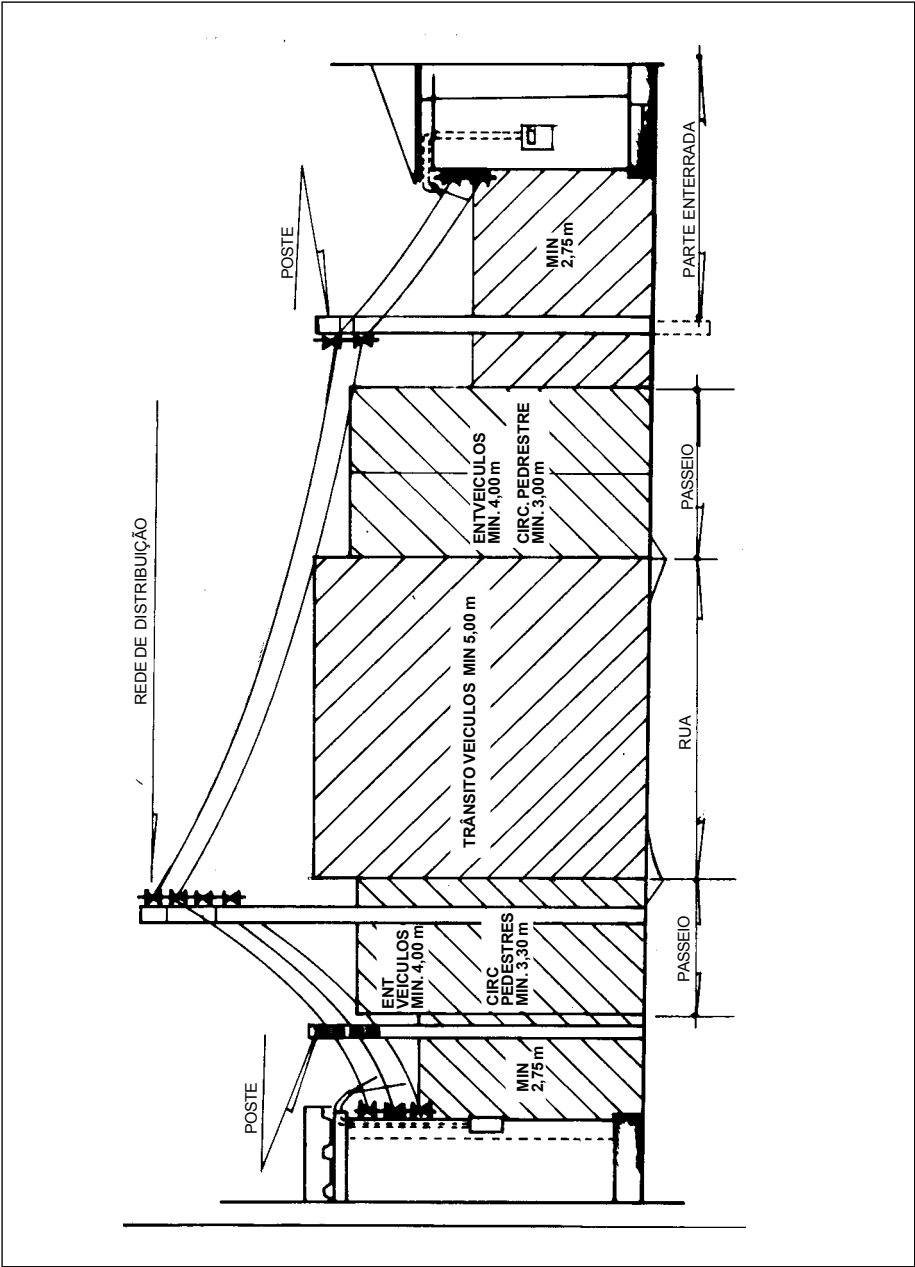



Fig 8-10. Alturas mínimas de segurança - gabarito recomendado

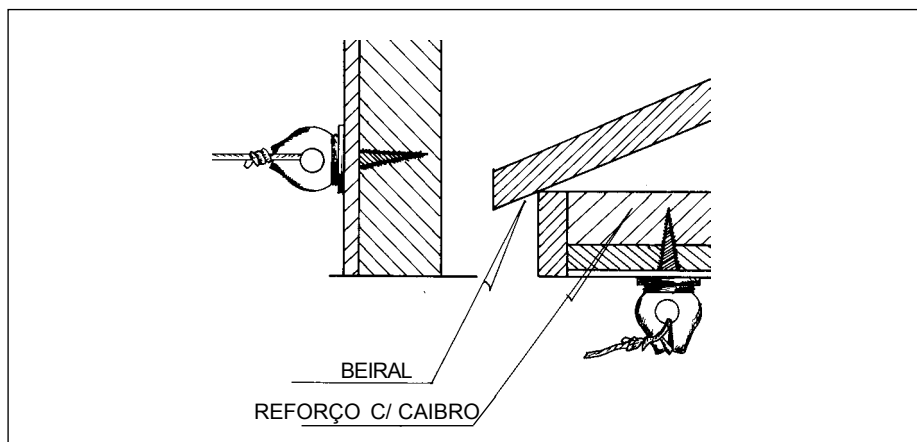



Fig 8-11. Fixação com isolador tipo olhal 85x65 mm em casa ou poste de madeira

CURVA DE PVC RIGIDO OU AÇO ZINGADO TIPO PESADO, PROTEGIDO C/ BUCHA

BUCHA

ARAME DE AÇO GALVANIZADO OU FIO DE COBRE NAS PROXIMIDADES DO MAR

CANO DE AÇO ZINCADO TIPO PESADO 0,20 mm (3/4")

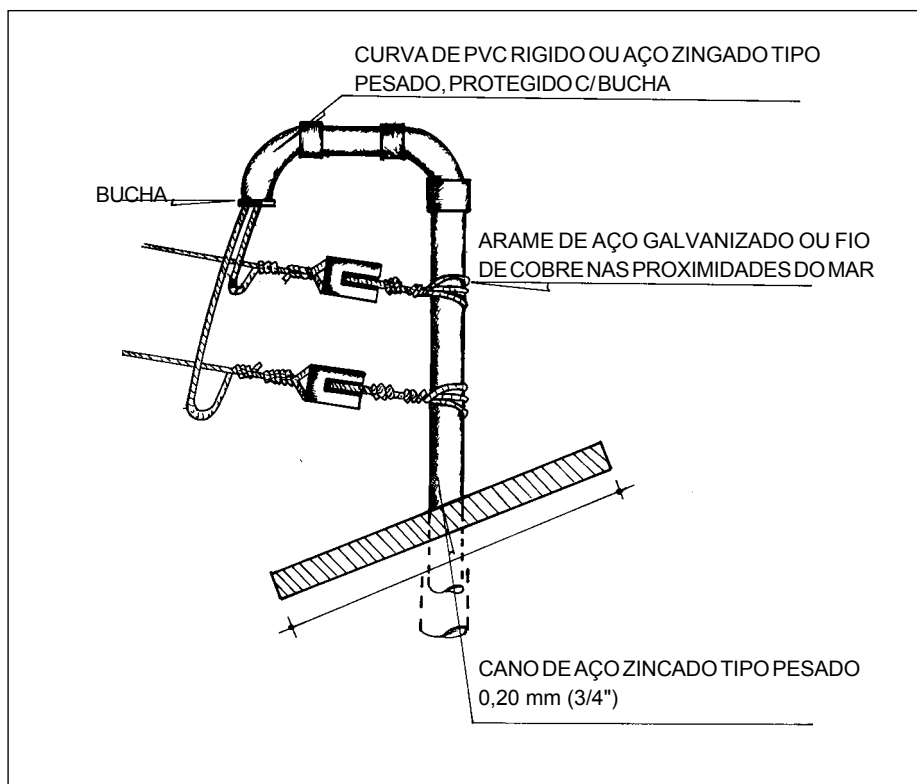



Fig 8-12. Fixação com isolador tipo castanha 60x40 e entrada aérea

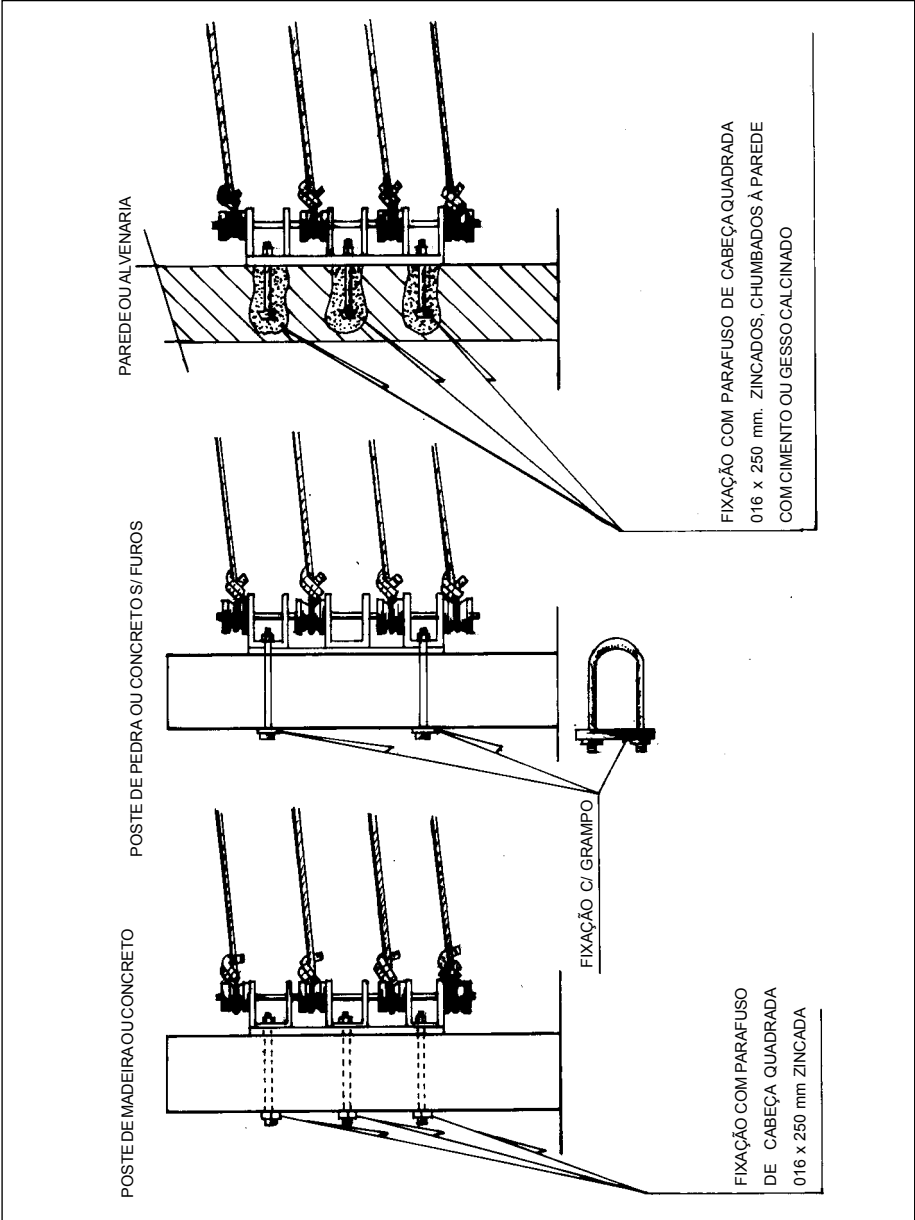



Fig 8-13. Fixação da rede com armação secundária e isolador tipo roldana em poste ou parede

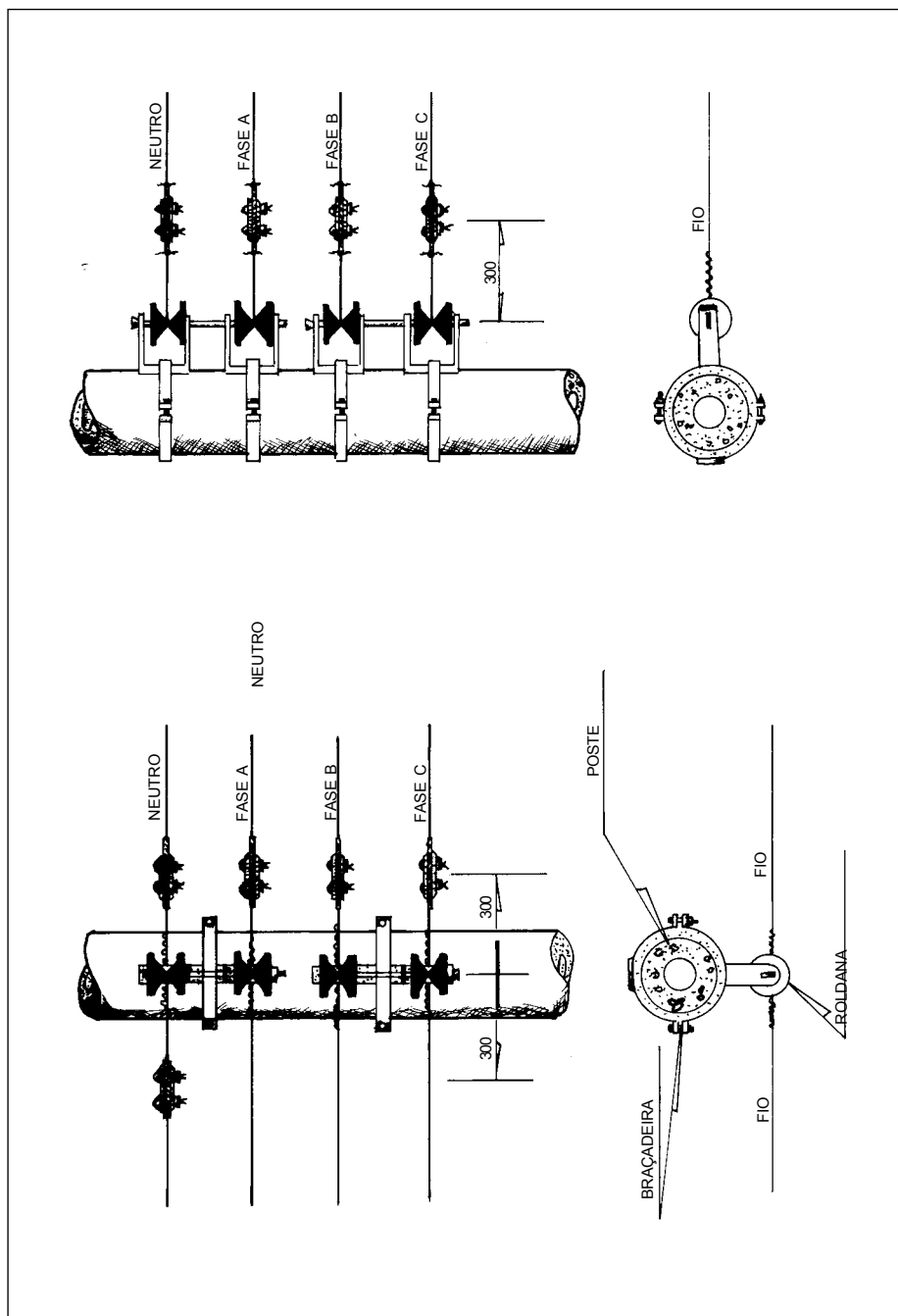



Fig 8-14. Detalhes de fixação da rede aérea e posição do fio neutro

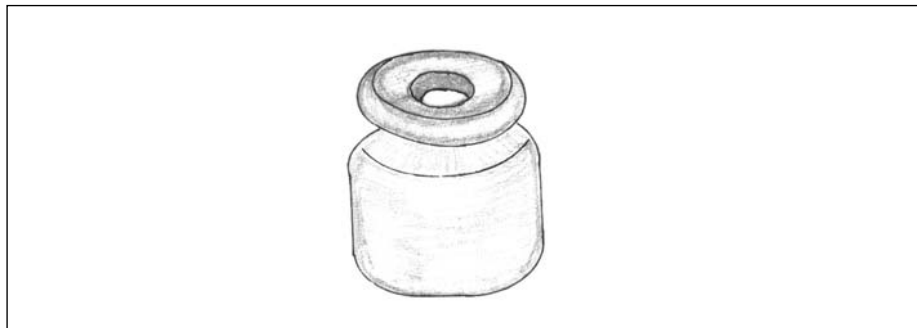



Fig 8-15. Isolador de porcelana tipo roldana

**e. Tipos de postes recomendados:**

(1) de madeira de lei;
(2) de madeira de eucalipto tratado;
(3) cano de aço zincado; e
(4) concreto armado.

**f.** Os postes de madeira de lei preferencialmente terão uma seção média de 128 cm², com uma das dimensões não menor do que 8 cm. Quando for de seção retangular, deverá ser plantado com o eixo da maior seção transversal dirigido na direção do esforço.

**g.** Os postes de madeira de eucalipto tratado deverão ter um diâmetro mínimo no topo de 12 cm, com 3 voltas de arame ou fio de cobre 4mm² para evitar que esta extremidade rache sob a ação das intempéries

**h.** Os postes de cano de aço zincado deverão ser do tipo pesado, com diâmetro mínimo de 75 mm (3")

**i.** Os postes de concreto armado deverão ser de seção quadrada, com dimensões mínimas de 10 x 10 cm

**j.** A rede aérea poderá ser configurada sobre suportes horizontais mas preferencialmente sobre suportes verticais.

**k.** Na configuração vertical, recomenda-se que o fio neutro seja o último de baixo para cima, ou seja, o mais alto.

**l.** Esta recomendação visa proteger o condutor neutro.

**m.** O rompimento acidental do condutor neutro provocaria a oscilação da tensão das fases da rede elétrica e os aparelhos monofásicos ficariam sujeitos a tensões elevadas, ocasionando a sua queima.

8-15. REDE DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA

**a.** A rede de distribuição subterrânea compreende o lançamento de cabos elétricos isolados, embutidos em eletrodutos enterrados diretamente no solo ou "envelopados" em concreto.

**b.** O "envelopamento" consiste na abertura de uma valeta no solo onde o eletroduto é assentado e sobre ele lança-se uma camada de concreto magro (normalmente sem armação) que cubra o tubo pelo menos 5 cm.

**c.** Ao se endurecer, o concreto protegerá o eletroduto contra o seu amassamento produzido, por exemplo, pela passagem do rodado de uma viatura ou o seu arrancamento acidental quando da abertura de uma vala por uma retroescavadeira, por exemplo.

**d. Os eletrodutos podem ser de:**
(1) manilhas de concreto;
(2) manilhas de barro;
(3) tubos de PVC rígido ou flexível;
(4) tubos de ferro galvanizado; e
(5) tubos de plástico preto (mangueira).

**e.** Caixas de passagem devem ser previstas na descida/subida da fiação no pé dos postes.

**f.** Os lances de tubulação devem ficar distanciadas no máximo 50 m entre si, de modo a facilitar a enfiação dos cabos e a manutenção da rede.

**g.** Deve-se evitar que a tubulação faça curvas, preferindo-se trechos retos e, quando necessário, substituir as curvas por caixas de passagem.

**h.** As caixas de passagem podem ser de alvenaria ou de concreto, com tampa de concreto, sem fundo. No fundo das caixas coloca-se uma camada de 15 cm de brita média de modo que a água das chuvas não se acumule e seja drenada para o solo.

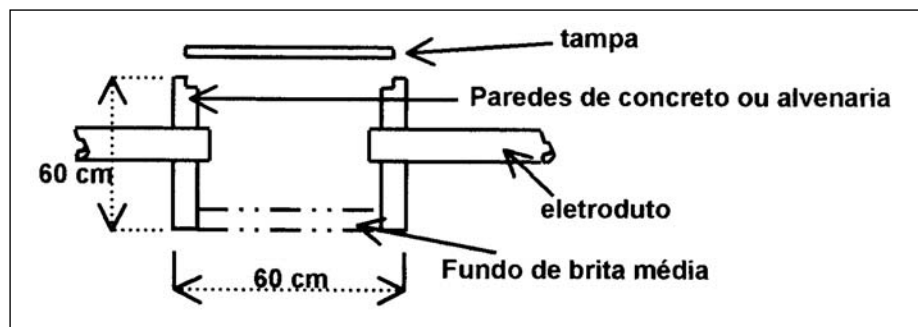



Fig 8-16. Corte lateral de uma caixa de passagem

## 8-16. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

**Os eletrodutos têm por finalidade:**

**a.** proteger os condutores contra ações mecânicas e contra corrosão

**b.** proteger o meio ambiente contra perigos de incêndio, provenientes do superaquecimento ou da formação de arcos por curto-circuito

**c.** no caso de eletrodutos metálicos, constituir um envoltório metálico aterrado para os condutores, o que evita perigos de choque elétrico e funcionar como condutor de proteção, proporcionando um percurso para a terra

## 8-17. NÚMERO DE CONDUTORES EM UM ELETRODUTO

**a.** Os eletrodutos podem ser embutidos em lajes de alvenaria, enterrados diretamente no solo ou envelopados ou simplesmente fixados a paredes, tetos ou outros elementos estruturais por meio de braçadeiras.

**b.** Contudo, a regra utilizada para se estabelecer a quantidade de condutores que podem caber no seu interior é a mesma.

**c.** No interior do eletroduto os cabos estão se aquecendo pelo efeito joule.

**d.** Para que os cabos possam dissipar o calor produzido é importante que a folga de espaço recomendada seja obedecida.

**e.** Como os cabos possuem uma camada isolante, a área total utilizada não será apenas a área do cobre.

**f.** Transcrevemos abaixo uma tabela da "Pirelli" que traz a seção nominal de cobre e a área total utilizada pelo condutor.

| Seção nominal ($mm^2$) | Área Total | |
|---|---|---|
| | Fio | Cabo |
| 1,5 | 6,2 | 7,1 |
| 2,5 | 9,1 | 10,7 |
| 4 | 11,9 | 13,8 |
| 6 | 15,2 | 18,1 |
| 10 | 24,6 | 27,3 |
| 16 | 33,2 | 37,4 |
| 25 | 56,7 | 56,7 |
| 35 | 71,0 | 71,0 |
| 50 | 95 | 95 |
| 70 | 133 | 133 |
| 95 | 177 | 177 |

Tab 8-1. Dimensões totais dos condutores isolados

**g.** Deve-se verificar que a soma das áreas totais dos condutores contidos num eletroduto não deve ser superior a 40% da área útil do eletroduto.

**h.** Transcrevemos abaixo uma tabela de eletrodutos de PVC rígido tipo roscável marca "Tigre".

| Referência de rosca (polegada) | Diâmetro nominal (mm) | Diâmetro interno (mm) | Área total aproximada (mm²) |
|---|---|---|---|
| 3/8 | 16 | 12,8 | 128,7 |
| 1/2 | 20 | 16,4 | 211,2 |
| 3/4 | 25 | 21,3 | 356,3 |
| 1 | 32 | 27,5 | 593,9 |
| 1.1/4 | 40 | 36,1 | 1.023,5 |
| 1.1/2 | 50 | 41,4 | 1.346,1 |
| 2 | 60 | 52,8 | 2.189,6 |
| 2.1/2 | 75 | 67,1 | 3.536,2 |
| 3 | 85 | 79,6 | 4.976,4 |

Tab 8-2. Diâmetro e área útil de eletrodutos de PVC rígido

**i.** Diâmetro nominal é o diâmetro externo do eletroduto.

**j.** Exemplo: num mesmo eletroduto devem passar 6 (seis) cabos unipolares de seção nominal de 4 mm² e 6 (seis) cabos unipolares de 6 mm². Calculemos qual deverá ser o diâmetro do eletroduto.

**Solução:**

(1) seção dos cabos: utilizando a tabela da Tab 8-1 teremos:

$S=6x13,8 + 6x18,1 = 191,4$ mm²

(2) a área ocupada pelos cabos deverá ser, no máximo, 40% da seção do eletroduto

(3) a seção do eletroduto será 191,4 / 0,40 = 478,5 mm²

(4) utilizando a tabela da Tab 16-2 vemos que:

$593,9 > 478,5 > 356,3$

(5) o eletroduto recomendado será o de 1" (32 mm)

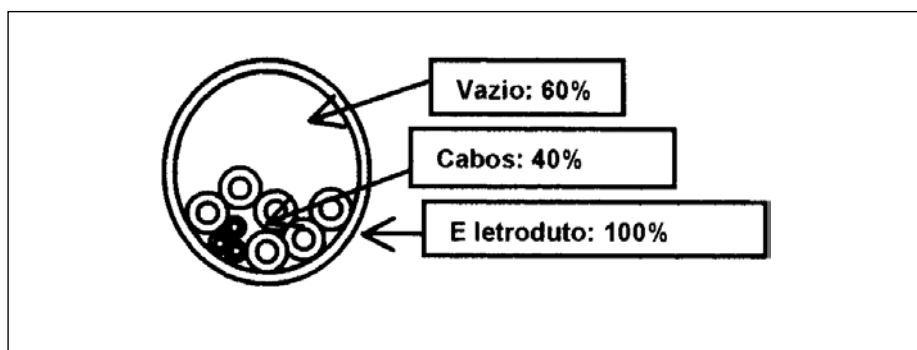



Fig 8-17. Taxa de ocupação do eletroduto

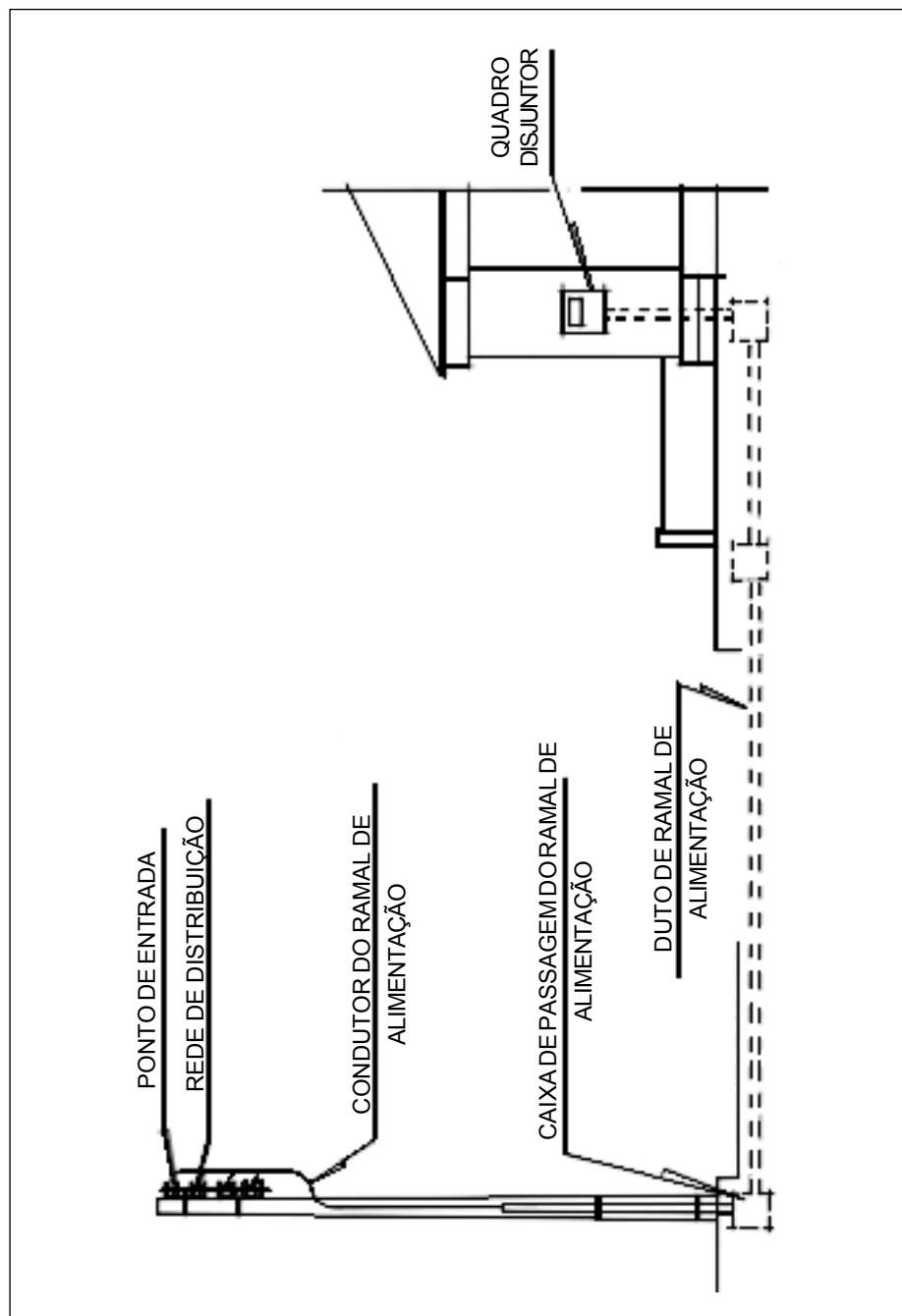



Fig 8-18. Rede aérea e ramal de alimentação subterrâneo

## ARTIGO VI

## ILUMINAÇÃO

### 8-18. ILUMINAÇÃO

**a.** A intensidade de luz necessária dependerá do tipo de trabalho a ser realizado. Assim, trabalhos de escritório tais como de desenho, escrituração, trabalhos de bancada tais como reparos em equipamentos eletrônicos, exigirão muito mais iluminamento que trabalhos de escavação, construção etc.

**b.** A medida de intensidade de iluminamento é o “lux”.

**c.** Existem tabelas que fornecem o iluminamento (em luxes) convenientes para os diversos tipos de trabalhos porém, consideraremos diretamente a potência da lâmpada que deverá ser instalada para que se tenha iluminação suficiente para os trabalhos a serem realizados.

**d.** Para determinação das cargas de iluminação tanto de área de acampamento quanto de áreas de acantonamento, pode ser aplicado o seguinte critério:

(1) Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA.

(2) Em cômodos ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada cada aumento de 4 m² inteiros.

**e.** Por exemplo, uma barraca de dez praças cuja área é de 3,00 x 4,00 = 12,00 m², teremos:

| Frações de área | Carga de iluminação (VA) |
|---|---|
| 6,00 | 100 |
| 4,00 | 60 |
| 2,00 | - x - |
| Total: | 160 |

### 8-19. LÂMPADAS INCANDESCENTES

**a.** No caso de lâmpadas incandescentes, o valor atribuído em “VA” é o próprio valor da potência da lâmpada em “W”.

**b.** A potência das lâmpadas incandescentes varia desde 25W (para geladeira) até 500W (bocal E-40).

**c.** Na hora da escolha, além da potência a ser utilizada, deve-se especificar a tensão de utilização 127 ou 220 volts.

8-20. LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES

**a.** As lâmpadas fluorescentes também podem ser instaladas em campanha.

**b.** As vantagens das lâmpadas fluorescentes comparativamente com as lâmpadas incandescentes são:

(1) maior durabilidade; e

(2) menor consumo de energia elétrica.

**c.** As desvantagens das lâmpadas fluorescentes, além de serem mais caras que a lâmpada incandescente, necessitam de outros equipamentos para seu funcionamento tais como: reator, suportes, starter e calha.

**d.** Para seu perfeito funcionamento em barracas ou em instalações de madeira onde a calha não estará normalmente aterrada, deve-se optar pelo uso do reator tipo convencional que utiliza starter e nunca o tipo partida rápida pois a iniciação da lâmpada fica prejudicada.

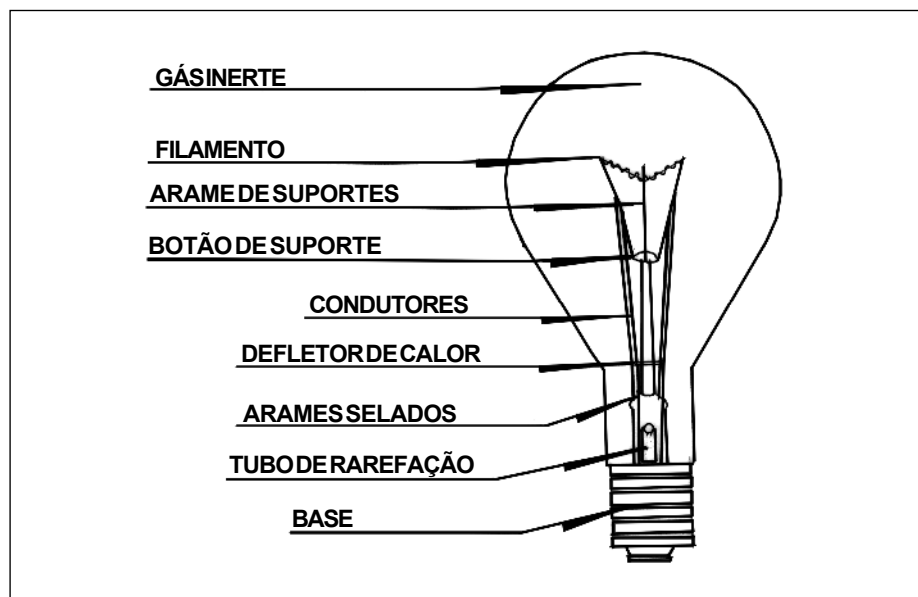



Fig 8-19. Lâmpada incandescente comum

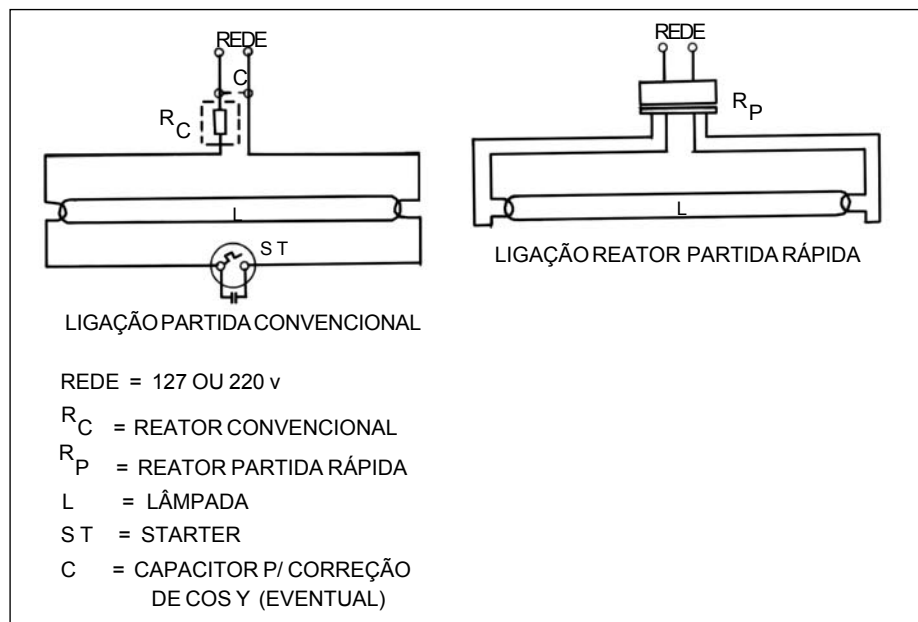



Fig 8-20. Esquemas de ligação de lâmpadas fluorescentes

**e.** Para especificar as lâmpadas fluorescentes comuns basta citar sua potência e se é do tipo partida rápida ou com partida com starter.

**f.** Não é necessário especificar a tensão de utilização para as lâmpadas fluorescentes.

**g.** Para o reator deverá ser especificada o tipo e quantidade de lâmpadas e a tensão da rede: 127 ou 220 volts.

**h.** As diversas potências das lâmpadas fluorescente tubulares são:

15 - 20 - 30 - 40 - 65 - 110 watts

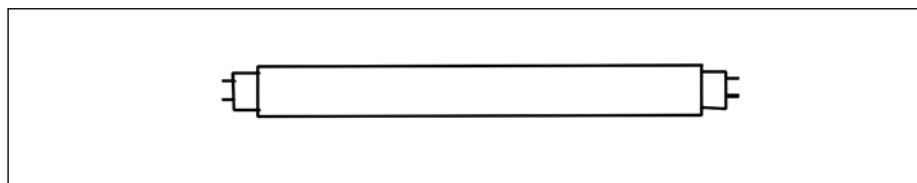



Fig 8-21. Lâmpada fluorescente tubular

## 8-21. LÂMPADAS MISTAS

**a.** São lâmpadas a vapor de mercúrio com filamento.

**b.** Reúnem em uma só lâmpada as vantagens da lâmpada incandescente, da fluorescente e da de vapor de mercúrio.

**c.** A luz do filamento emite luz incandescente. A luz do tubo de descarga a vapor de mercúrio emite intensa luz azulada. A radiação ultravioleta em contato com a camada fluorescente do tubo, transforma-se em luz avermelhada. Como resultado consegue-se uma luz semelhante à luz do dia.

**d.** Suas vantagens são as mesmas das fluorescentes e ainda, utiliza o mesmo bocal da lâmpada incandescente, dispensando adaptações ou outros equipamentos para seu funcionamento.

**e.** Sua desvantagem, além de ser mais cara que as lâmpadas incandescentes e fluorescentes, é que, após apagada, demora alguns minutos para resfriar e acender novamente.

**f.** Encontramos as lâmpadas mistas nas seguintes potências:
(1) 160W com rosca para bocal tipo E-27;
(2) 250W com rosca para bocal tipo E-27, E-40 ou E-45;
(3) 500W com rosca para bocal tipo E-40 ou E-45.

**g.** Na hora da escolha, além da potência deve-se escolher o tipo de rosca da lâmpada segundo o tipo do bocal a ser utilizado e vice-versa.

**h.** Nas instalações residenciais o tipo de bocal encontrado é o E-27.

**i.** A seguir transcrevemos uma tabela que compara as lâmpadas incandescentes, fluorescentes e mistas em termos de durabilidade, rendimento luminoso e consumo:

| Tipo da lâmpada | Vida útil (horas) | Eficiência(lumens/watt) |
|---|---:|---:|
| Incandescente | 1.000 a 2.000 | 10 a 20 |
| Mista | 6.000 a 8.000 | 17 a 25 |
| Fluorescente | 7.500 a 12.000 | 43 a 84 |
| Vapor de sódio | 12.000 a 16.000 | 75 a 105 |
| Multivapores metálicos | 10.000 a 20.000 | 69 a 115 |
| Vapor de mercúrio | 12.000 a 24.000 | 44 a 63 |
| Vapor de sódio alta pressão | 24.000 | 68 a 140 |
| Fluorescente compacta | 8.000 | 48 a 53 |

Tab 8-3. Tabela comparativa vida útil x rendimento luminoso de lâmpadas

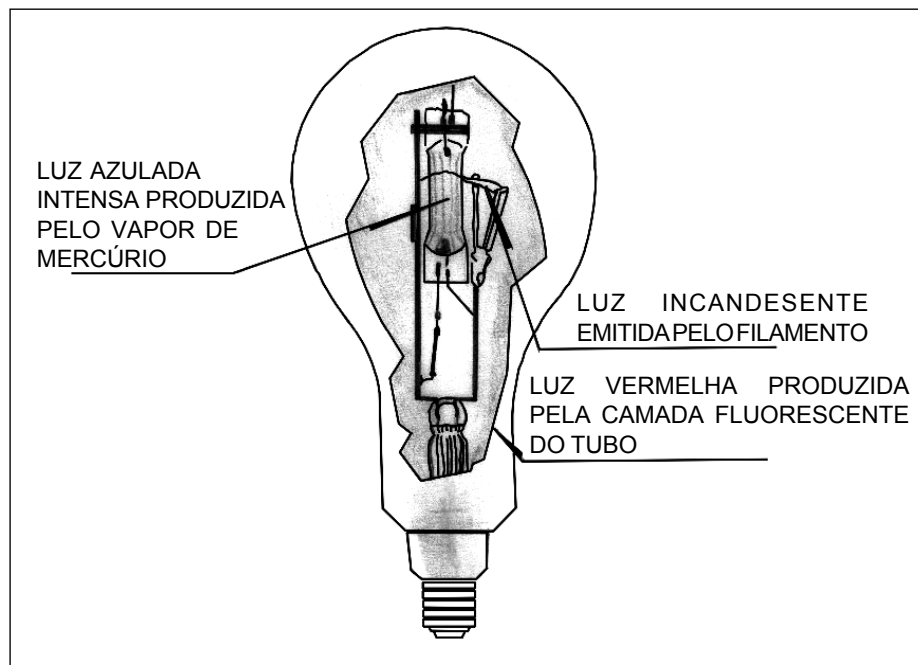



Fig 8-22. Lâmpada de luz mista

## ARTIGO VII

## TOMADAS DE FORÇA

8-22. QUANTIDADE DE TOMADAS - PREVISÃO -

**a.** Os equipamentos elétricos são normalmente alimentados por tomadas de corrente.

**b.** Podemos classificar as tomadas segundo a finalidade a que se destina, sendo tomadas de uso geral e tomadas de uso especial.

**c.** As tomadas de uso geral se destinam a alimentar equipamentos de potência até 600 W que asseguram o conforto do usuário.

**d.** As tomadas de específico se destinam a alimentar equipamentos especiais que, embora possam ser removidos, trabalham sempre num mesmo local.

**e.** Número de tomadas de uso geral. Para determinação da quantidade de tomadas de uso geral tanto para área de acampamento quanto para áreas de acantonamento, pode ser aplicado o seguinte critério utilizado em residências:

(1) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista pelo menos uma tomada.

(2) em cômodos ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma tomada para cada 5 m ou fração de perímetro, uniformemente distribuídas.

**f.** Por exemplo, uma barraca de dez praças cuja área é de 3,00 x 4,00 = 12,00 m² e perímetro = 2 x (3+4) = 14 m, teremos:

| Frações de perímetro | Quantidade de tomadas |
|---|---|
| 5,00 | 01 |
| 5,00 | 01 |
| 4,00 | 01 |
| Total: | 03 |

**g.** Número de tomadas de uso especial. A potência a ser disponibilizada para tomadas de uso especial dependerá do tipo de equipamento a ser empregado. Assim, é recomendável que seja feito previamente o levantamento da potência dos equipamentos especiais a serem instalados e amarrado o local de instalação.

## 8-23. POTÊNCIA DAS TOMADAS - PREVISÃO

**a.** Potência a prever nas tomadas de uso geral:

(1) em instalações tipo banheiro, copa-cozinha e áreas de serviço, adota-se 600 VA por tomadas até 3 (três) tomadas e 100 VA para as demais.

(2) para outros cômodos ou dependências, 100 VA por tomada.

**b.** Potência a prever nas tomadas de uso específico: adota-se a potência nominal (de entrada) do aparelho a ser usado.

**c.** Os dados das tabelas abaixo foram obtidos a partir de experiência vivida por Of Eng na Cia E F Paz - ANGOLA (1995) e registrados oportunamente em uma dissertação de mestrado apresentada à Banca Examinadora do CEng da EsAO no segundo semestre de 1999:

(1) Equipamentos de Saúde

| Material | Potência (W) |
|---|---|
| Esterilizador para instrumental | 1.000 |
| Banho maria elétrico | 500 |
| Balança eletrônica | 200 |
| Cortador de gesso | 300 |
| Aparelho de raio-x odontológico | 600 |
| Aparelho de raio-x portátil | 450 |
| Eletrocautério | 1.500 |
| Infravermelho | 100 |
| Aspirador elétrico para secreção traqueal | 150 |
| Foco luminoso | 40 |
| Forno de bier | 200 |
| Nebulizador elétrico completo | 1.500 |
| Negatoscópio | 150 |
| Eletrocardiógrafo | 200 |
| Amalgamador elétrico | 100 |
| Aparelho fotopolimerizador | 300 |
| Foco cirúrgico | 500 |

Tab 8-4. Potência elétrica de equipamentos hospitalares

(2) Equipamentos de Intendência

| Material | Potência (W) |
|---|---|
| Máquina de moer carne | 1.000 |
| Liquidificador | 300 |
| Geladeira doméstica | 1.500 |
| Freezer doméstico | 1.500 |
| Máquina de descascar batatas | 1.000 |
| Ferro de passar roupas | 1.000 |
| Furadeira elétrica | 400 |
| Copiadora tipo xerox | 200 |
| Furadeira elétrica de impacto | 400 |
| Ferro de soldar elétrico | 200 |
| Cafeteira elétrica | 300 |
| Carro térmico | 2.000 |

| Material | Potência (W) |
| --- | --- |
| Circulador de ar | 80 |
| Ventilador de teto | 60 |
| Máquina de escrever elétrica | 50 |
| Condicionador de ar 7500 BTU | 1.500 |
| Bebedouro elétrico | 600 |
| Máquina de fazer gelo | 1.500 |
| Forno de padaria | 3.000 |
| Batedeira industrial para massa de pão | 1.500 |
| Lavadeira industrial | 2.000 |
| Centrifugadora para roupas, industrial | 1.000 |
| Máquina de passar roupas, industrial | 1.500 |
| Conteiner frigorífico | 11.000 |
| Viatura frigorífica | 4.000 |
| Viatura lavanderia | 11.000 |
| Conteiner sanitário | 10.000 |

Tab 8-5. Potência elétrica de equipamentos de rancho

(3) Equipamentos de garagem

| Material | Potência (W) |
| --- | --- |
| Compressor de ar 250 psi | 800 |
| Equipamento de solda tipo arco voltaico | 2.000 |
| Máquina lava-jato para limpeza de viaturas | 400 |
| Compressor de ar para pneus | 500 |
| Destilador de água | 150 |
| Viatura oficina média | 600 |

Tab 8-6. Potência elétrica de equipamentos de manutenção mecânica

(4) Equipamentos de Comunicações, Eletrônica e Informática

| Material | Potência (W) |
|---|---|
| Estabilizador de tensão | 100 |
| Microcomputador tipo PC | 250 |
| Impressora tipo matricial | 50 |
| Impressora tipo jato de tinta | 50 |
| Conjunto rádio EB 14 - 510/HPSSB | 50 |
| Conjunto rádio EB 11 - ERC 617 | 50 |
| Conjunto amplificador EB 11 - ENP 606 | 100 |
| Carregador de baterias EB 11 - GD 20 | 30 |
| Instrumental de 3° escalão, composto de: | |
| Osciloscópio EB 11 OL 23/E (HP 54510A) - digital | 30 |
| Analisador de áudio EB 11 AZ 26/E (HP 8903) | 20 |
| Fonte AC estabilizada 110V 60 Hz / 15V da saída | 100 |
| Fonte de alimentação EB 11 FA 69 | 100 |
| Multímetro EB 11 MD 88/E (HP 34401A) | 5 |
| Medidor de potência direcional EB 11MD 30/ER | 30 |
| (THRULINE) | |
| Medidor de capacitância EB 1 MD 79/E | 20 |
| Freqüêncímetro EB 11 FQ 13/E (HP 5385) | 20 |
| Gerador de sinais EB 11 GF 34/E (HP 8657A) | 50 |
| Fonte de alimentação EB 11 FA 30/E | 100 |

Tab 8-7. Potência elétrica de equipamentos de manutenção eletrônica

(5) Equipamentos de Telecomunicações

| Material | Potência (W) |
|---|---|
| Filmadora gradiente | 50 |
| Projetor de slides | 100 |
| Vídeocassete | 60 |
| Retroprojetor | 100 |
| Monitor de TV colorido 21" | 80 |
| Fac-símile | 80 |
| Conjunto de sonorização | 150 |
| Monitor de TV colorido 34" | 300 |

Tab 8-8. Potência elétrica de equipamentos eletrônicos

**d.** Para o cálculo da potência elétrica de equipamentos cuja potência mecânica seja fornecida em HP (horse power), em CV (cavalos vapor) ou em BTU/h (british termal unit per hour), utilizado para aparelhos de ar condicionado, considera-se a seguinte proporcionalidade:

(1) 1 HP = 746 W = 2546 BTU/h

(2) 1 CV = 736 W

## ARTIGO VIII

## DIVISÃO DOS CIRCUITOS

### 8-24. DIVISÃO DAS INSTALAÇÕES EM CIRCUITOS

**a.** Toda a instalação deve ser dividida em vários circuitos de modo a:

(1) limitar as conseqüências de uma falta, a qual provocará apenas o seccionamento do circuito defeituoso.

(2) facilitar as verificações, os ensaios e as manutenções.

(3) evitar os perigos que possam resultar da falha de um circuito único como, por exemplo, a pane geral de um circuito único de iluminação.

**b.** Chama-se circuito ao conjunto de pontos de consumo, alimentados pelos mesmos condutores e ligados ao mesmo dispositivo de proteção (fusível, chave ou disjuntor).

**c.** Nos circuitos polifásicos, os circuitos devem ser distribuídos de modo a assegurar o melhor equilíbrio possível entre as fases, isto é, todas as fases deverão estar alimentando a mesma potência e em conseqüência, cada uma delas fornecerá a mesma corrente.

**d.** Cada circuito deverá ter seu próprio condutor neutro.

**e.** Equipamento especiais deverão ter:

(1) sua própria tomada de uso específico;

(2) um circuito próprio;

(3) disjuntores específicos no quadro de proteção.

**f.** Outras tomadas de uso geral poderão ser agrupados em circuitos únicos.

## ARTIGO IX

## CONDUTORES ELÉTRICOS

### 8-25. CONDUTORES ELÉTRICOS

**a.** Condutor elétrico é um corpo constituído de material bom condutor de eletricidade, destinado à transmissão de eletricidade. Em geral é de cobre eletrolítico e, em certos casos, de alumínio.

(1) Fio: condutor sólido, maciço, em geral de seção circular, com ou sem isolamento.

(2) Cabo: é um conjunto de fios encordoados, não isolados entre si. são mais flexíveis que os fios de mesma capacidade de carga.

**b.** Para isolar eletricamente um condutor de outro e da terra, usa-se revesti-lo de uma camada de material isolante. Um cabo isolado é um cabo que possui isolação.

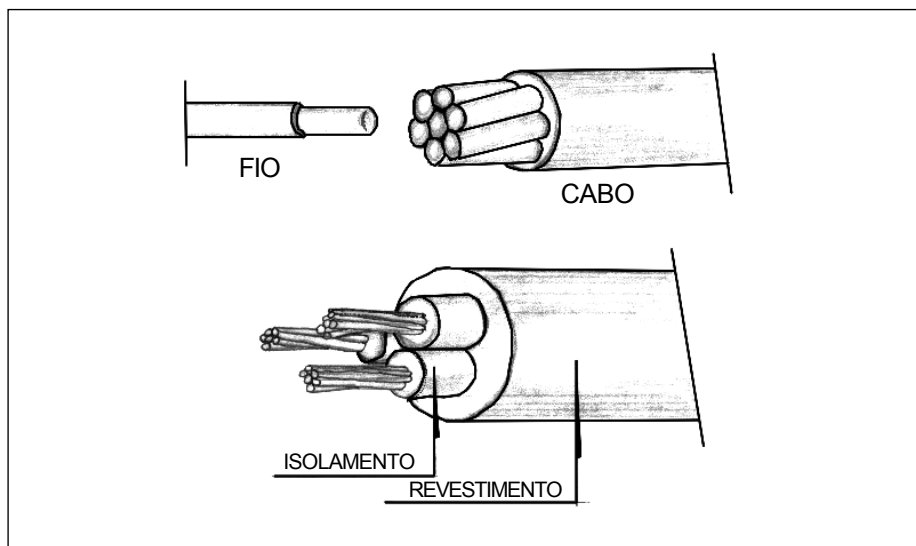



Fig 8-23. Fio, cabo e cabo múltiplo

**c.** A seção nominal de um fio ou cabo é a área aproximada da seção transversal do fio ou da soma das seções dos fios componentes de um cabo.

**d.** Os condutores elétricos são especificados por sua seção em milímetros quadrados (mm²).

**e.** Tabela abaixo reproduz as bitolas comercializadas e fornece a capacidade de condução de corrente para cabos de cobre isolados com PVC, submetidos a uma temperatura de operação em regime contínuo de 70° C:

| **Seção nominal (mm²)** | **Capacidade de corrente (A)** |
|---|---|
| 1,0 | 12 |
| 1,5 | 15,5 |
| 2,5 | 21 |
| 4 | 28 |
| 6 | 36 |
| 10 | 50 |
| 16 | 68 |
| 25 | 89 |
| 35 | 111 |
| 50 | 134 |
| 70 | 171 |
| 95 | 207 |
| 120 | 239 |
| 150 | 275 |
| 185 | 314 |
| 240 | 369 |
| 300 | 420 |

Tab 8-9. Tabela de capacidade de condução de corrente

## 8-26. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS

**a.** O condutor elétrico não pode ser submetido a um aquecimento exagerado provocado pela passagem de corrente elétrica (efeito Joule), pois a isolação do mesmo pode vir a ser danificada. Esta é a causa freqüente de curto-circuitos nas instalações.

**b.** Neste caso, devemos calcular a corrente solicitada pelo equipamento e compará-la com a capacidade de corrente admitida pelo fio na tabela de capacidade de corrente acima.

**c.** No caso de cargas monofásicas ou bifásicas, empregamos a expressão:

$$P = V \times i$$

**d.** No caso de cargas trifásicas como motores elétricos deveremos empregar a expressão:

$$P = V_{FF} \times i \times \sqrt{3} \times \cos\varphi \times \eta$$

**Onde:**

P = potência do aparelho
$V_{FF}$ = tensão entre fases
I = corrente que circula em cada fase
$\cos\varphi$ = fator de potência
$\eta$ = rendimento do aparelho

**e.** Como os motores a serem utilizados em campanha são de pequeno porte, para efeitos práticos estabeleceremos que o fator de potência ($\cos\varphi$) será igual a 0,85.

**f.** O mesmo faremos para o rendimento ($\eta$), estipulando-lhe valor padrão igual a 0,90.

**g.** Assim, um motor de 5 CV terá:

5 CV = 5 x 736 = 3680W

$P = V_{FF}\, i \sqrt{3} \cos\varphi\, \eta \rightarrow 3680 = 220 \times i \times 1{,}732 \times 0{,}85 \times 0{,}90 \rightarrow i =$ 12,62 A por fase.

**h.** Motores monofásicos ou bifásicos empregamos a seguinte fórmula:

$$P = V_{FF} \times i \times \cos\varphi \times \eta$$

**Onde:**

P = potência do aparelho
$V_{FF}$ = tensão entre fases
I = corrente que circula em cada fase
$\cos\varphi$ = fator de potência
$\eta$ = rendimento do aparelho

**i.** Note-se que não aplicamos o fator $\sqrt{3}$ neste caso.

**j.** Para que os aparelhos, equipamentos e motores possam funcionar satisfatoriamente, é necessário que a tensão, sob a qual a corrente lhes é fornecida, esteja dentro de limites admissíveis.

## 8-27. QUEDAS DE TENSÃO ADMISSÍVEIS

**a.** Ao longo do circuito desde o quadro geral até o ponto de utilização em um circuito terminal, ocorre uma queda de tensão.

**b.** Os limites de queda de tensão por trecho são os seguintes:

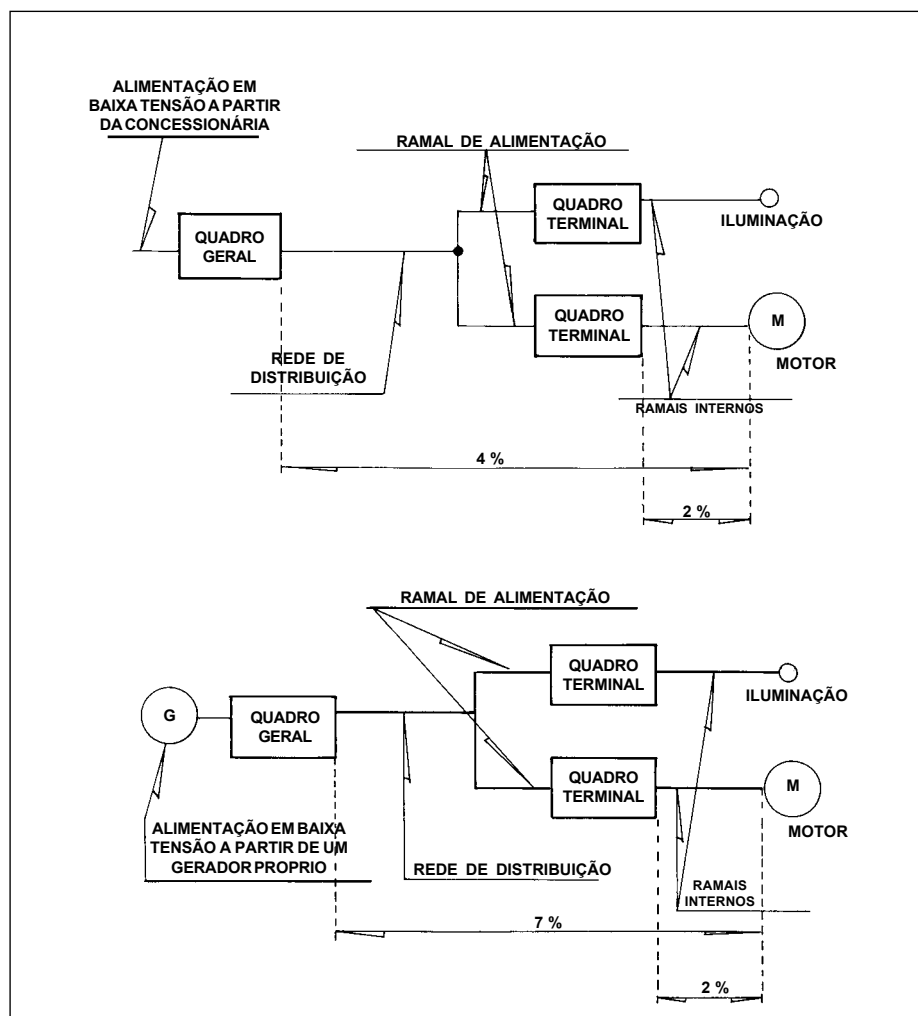



Fig 8-24. Limites de queda de tensão

**c.** Apresentamos a seguir as Tab.8-10 e Tab.8-11 organizadas a partir de circuitos monofásicos 110 ou 220 V que poderão ser utilizadas conforme o exemplo a seguir.

tensão = 110 V

| Bitola do condutor S = mm² | % de queda de tensão | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1% | 2% | 3% | 4% |
| | Somatório P (watts) x L (metros) | | | |
| 1,5 | 5.263 | 10.526 | 15.789 | 21.052 |
| 2,5 | 8.773 | 17.546 | 26.319 | 35.092 |
| 4 | 14.036 | 28.072 | 42.108 | 56.144 |
| 6 | 21.054 | 42.108 | 63.162 | 84.216 |
| 10 | 35.090 | 70.100 | 105.270 | 140.360 |
| 16 | 56.144 | 112.288 | 168.432 | 224.576 |
| 25 | 87.225 | 175.450 | 263.175 | 350.900 |
| 35 | 122.815 | 245.630 | 368.445 | 491.260 |
| 50 | 175.450 | 350.900 | 526.350 | 701.800 |
| 70 | 245.630 | 491.260 | 736.890 | 982.520 |
| 95 | 333.355 | 666.710 | 1.000.065 | 1.333.420 |
| 120 | 421.080 | 842.160 | 1.263.240 | 1.604.320 |
| 150 | 526.350 | 1.052.700 | 1.579.050 | 2.105.400 |
| 185 | 649.165 | 1.298.330 | 1.947.495 | 2.596.660 |
| 240 | 842.160 | 1.684.320 | 2.526.480 | 3.368.640 |
| 300 | 1.052.700 | 2.105.400 | 3.158.100 | 4.210.800 |
| 400 | 1.403.600 | 2.807.200 | 4.210.800 | 5.614.400 |
| 500 | 1.754.500 | 3.509.000 | 5.263.500 | 7.018.000 |

Tab 8-10. Tabela de produtos watt x metro para tensão 110V

tensão = 220V

| Bitola do condutor S = mm² | % de queda de tensão | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1% | 2% | 3% | 4% |
| | Somatório P (watts) x L (metros) | | | |
| 1,5 | 21.054 | 42.108 | 63.163 | 84.216 |
| 2,5 | 35.090 | 70.180 | 105.270 | 140.360 |
| 4 | 56.144 | 112.288 | 168.432 | 224.576 |
| 6 | 84.216 | 168.432 | 253.648 | 336.864 |
| 10 | 140.360 | 280.720 | 421.080 | 561.440 |
| 16 | 224.576 | 449.152 | 673.728 | 898.304 |
| 25 | 350.900 | 701.800 | 1.052.700 | 1.403.600 |
| 35 | 491.260 | 982.520 | 1.473.780 | 1.965.040 |
| 50 | 701.800 | 1.403.600 | 2.105.400 | 2.807.200 |
| 70 | 982.520 | 1.965.040 | 2.947.560 | 3.930.080 |
| 95 | 1.333.420 | 2.666.840 | 4.000.260 | 5.333.680 |
| 120 | 1.684.320 | 3.368.640 | 5.052.960 | 6.737.280 |
| 150 | 2.105.400 | 4.210.800 | 6.316.200 | 8.421.600 |
| 185 | 2.596.660 | 5.193.320 | 7.789.980 | 10.360.640 |
| 240 | 3.368.640 | 6.737.280 | 10.105.920 | 13.474.560 |
| 300 | 4.210.800 | 8.421.600 | 12.632.400 | 16.843.200 |
| 400 | 5.614.400 | 11.228.800 | 16.843.200 | 22.457.600 |
| 500 | 7.018.000 | 14.036.000 | 21.054.000 | 28.072.000 |

Tab 8-11. Tabela de produtos watt x metro para tensão 220V

**d.** Exemplo de aplicação das tabelas: calcular a bitola dos fios/cabos do ramal de alimentação e dos ramais do circuito abaixo:

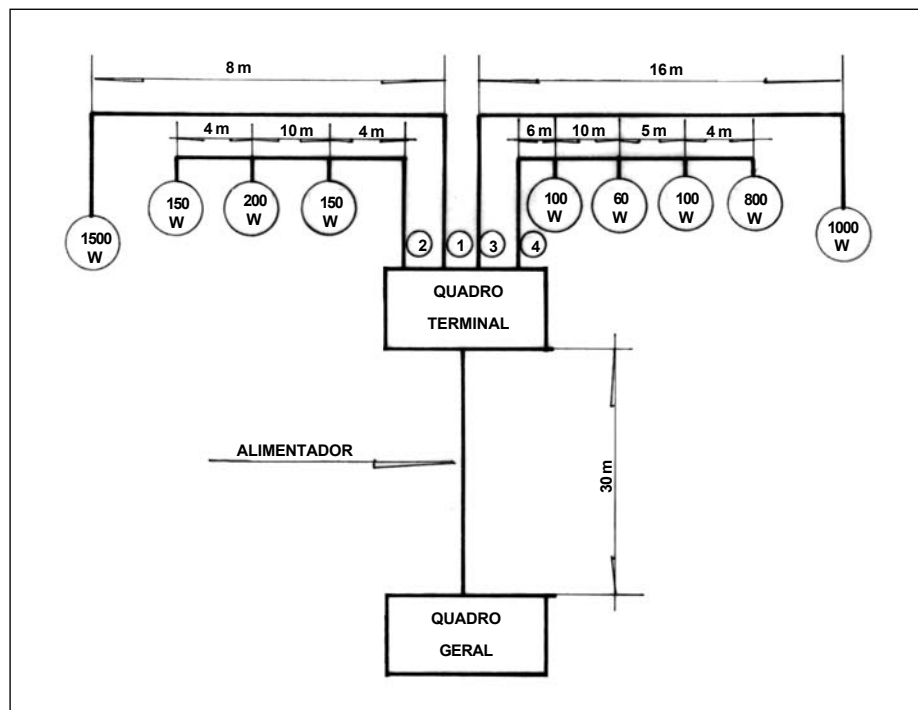



Fig 8-25

**(1) Solução:**

a queda de tensão permitida nos ramais é de 2%;

a tensão nos circuitos dos ramais é de 110V;

calculemos para cada circuito o produto potências x distâncias (P x L).

**(2) Assim:**

a) Para o circuito #1

1500 W x 8 m = 12.000 watts x metros

Vemos na tabela de tensão 110V, Tab 8-10, que para a queda de tensão de 2% e produto P x L = 17.546, o condutor deverá ser o de 2,5 mm², pois o de 1,5 mm² só atende ao valor P x L = 10.526 W x m

b) Para o circuito #2

| | |
|---|---|
| 150 x 4 | 600 |
| 200 x 14 | 2.800 |
| 150 x 18 | 2.700 |
| | 6.100 (watts x metros) |

Na mesma tabela para tensão = 110V, obtemos o condutor de 1,5 mm².

c) Para o circuito #3

1.000 W x 16 m = 16.000 watts x metros

O condutor deverá ser o de 2,5 mm²

d) Para o circuito #4

| | |
|---|---|
| 100 x 6 = | 600 |
| 60 x 16 = | 960 |
| 100 x 21 = | 2.100 |
| 600 x 25 = | 15.000 |
| | 18.660 (watts x metros) |

Na mesma tabela para tensão = 110V, obtemos o condutor de 4 mm²

e) Para o alimentador geral

A carga total no quadro terminal é de:

1.500+150+200+150+100+60+100+600+1.000 = 3.860 W

(3) O circuito de alimentação sendo trifásico, devemos distribuir a carga de alimentação pelas três fases o mais equilibradamente possível.

(4) Então, admitindo-se que haja um balanceamento de carga entre as 3 (três) fases, podemos dividir a carga por 3 (três) e aplicar a tabela para tensão 110V.

Assim teremos: 3.860 / 3 = 1.286,6 W

P x L = 1.286,6 x 30 = 38.600 (watts x metros )

O condutor do alimentador será o de 6 mm²

**e.** Para alimentadores trifásicos ou bifásicos disponíveis em quadros com cargas monofásicas, divide-se a carga pelo número de fases (3 ou 2) e aplicam-se as tabelas acima.

**f.** Para circuitos trifásicos equilibrados, isto é, a corrente que percorre as três fases é igual, pode-se usar as tabelas acima desde que multipliquemos as distâncias por 0,57.

**g.** As tabelas acima foram organizadas a partir da fórmula da Tab 8-12 abaixo. Sua dedução não será objeto de nosso estudo. A fórmula é, contudo, muito útil e pode ser utilizada diretamente para o cálculo da bitola dos condutores.

$$S = 200 \times \rho \times \frac{1}{e\% \times U^2} \times (P_1 \times L_1 + P_2 \times L_2 + ... + P_N \times L_N)$$

Tab 8-12. Fórmula geral para o cálculo de bitola de cabos

**Onde:**

S = seção do condutor em mm²

r = resistividade do cobre = $\frac{1}{58}$ $\frac{\text{ohms x mm}^2}{\text{m}}$

e% = queda de tensão nominal (igual a 1, 2, 3 ou 4)

P = potência consumida em watts

L = comprimento em metros

U = tensão em 110 ou 227 volts

h. Por exemplo, utilizemos a fórmula para o cálculo do circuito #1 acima:

$$S = 200 \times \frac{1}{58} \times \frac{1}{2 \times 1102} \times (1.500 \times 8{,}00)$$

S = 1,71 mm²

**i.** A bitola calculada fica entre 1,5 e 2,5 mm², portanto escolhemos a bitola superior.

## ARTIGO X

## PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

### 8-28. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

**a.** Os condutores e equipamentos que fazem parte de um circuito elétrico devem ser protegidos automaticamente contra curto-circuitos e contra sobrecargas (intensidade de corrente acima do valor compatível com o aquecimento do condutor e que poderiam danificar a isolação do mesmo ou deteriorar o equipamento).

**b.** Nos condutores do ramal de alimentação deverá ser instalado um interruptor geral, com capacidade suficiente para a carga total da instalação

**c.** NUNCA o condutor NEUTRO deverá ser INTERROMPIDO por isso, não devemos ligá-lo a chaves fusíveis ou disjuntores.

### 8-29. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITOS

**a.** Dispositivos de proteção contra curto-circuitos:

(1) fusíveis; e

(2) disjuntores termomagnéticos.

**b.** Fusível pode ser considerado como uma resistência que deve se fundir à passagem da corrente, abrindo o circuito.

**c.** Os tipos mais comuns são:

(1) fusível tipo rolha; e

(2) fusível tipo cartucho.

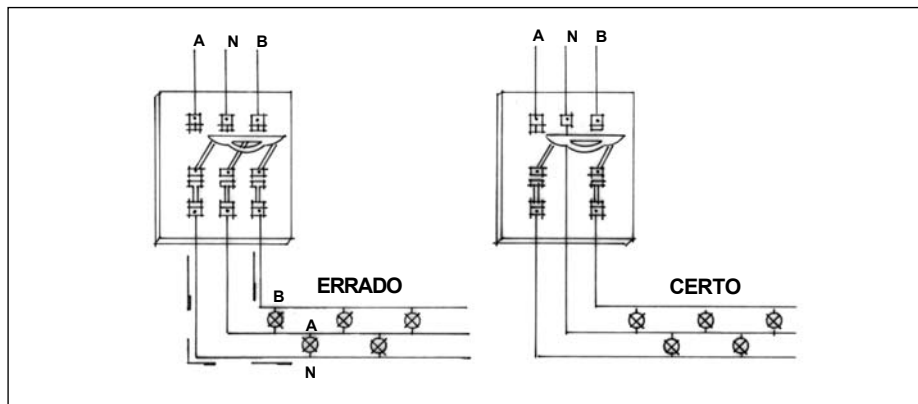



Fig 8-26. Chave de proteção interrompendo o fio neutro

**d.** Fusível de rolha: é um fusível de baixa tensão em que um dos contatos é uma peça roscada que se fixa no contato roscado correspondente da base. Praticamente está em desuso.

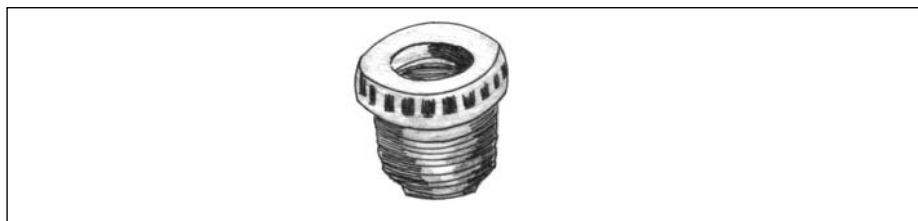



Fig 8-27. Fusível tipo rolha

**e.** Fusível de cartucho: é um fusível de baixa-tensão cujo elemento fusível está encerrado em um tubo protetor de material isolante, com contatos nas extremidades. Há dois tipos: virola e faca. Praticamente estão em desuso.

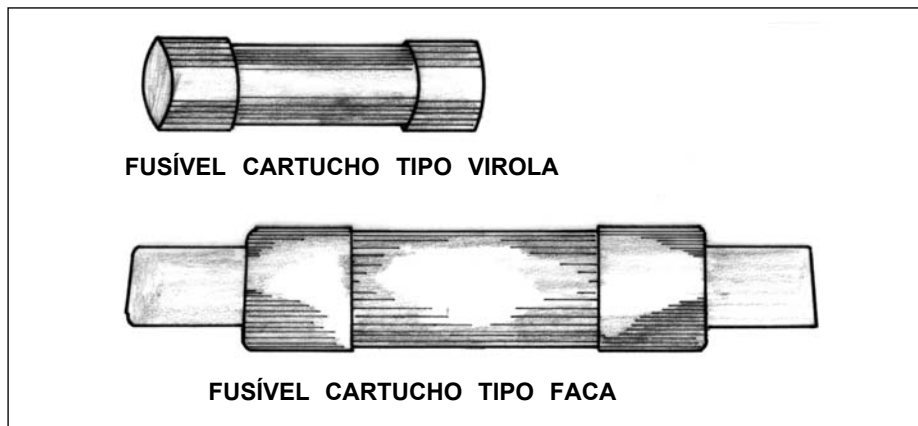



Fig 8-28. Fusíveis tipo cartucho

**f.** A tabela abaixo apresenta as classes de fusíveis com as capacidades em ampères para as quais são fabricados.

| Classe (ampères) | Tipo | Capacidade para as quais são fabricados (A) |
|---|---|---|
| 30 | Rolha | 6-10-15-20-25-30 |
| 30 | Cartucho | 10-15-20-25-30 |
| 60 | Cartucho | 40-50-60 |
| 100 | Faca | 80-100 |
| 200 | Faca | 150-200 |
| 400 | Faca | 250-300-400 |
| 600 | Faca | 500-600 |

Tab 8-13. Tabela de seleção de fusíveis

**g.** Os fusíveis são colocados em porta-fusíveis que em conjunto com chaves de faca denominam-se “chaves de faca com porta-fusíveis”. Praticamente estão em desuso.

## 8-30. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGAS

**a.** Disjuntores termomagnéticos: são dispositivos de proteção e de interrupção eventual dos circuitos. Um dos mais utilizados é o “quick-lag”, um protetor térmico que age pelo princípio do bimetal. Uma pequena sobrecarga de longa duração, uma grande sobrecarga de curta duração ou um curto-circuito, provocará o desligametno do circuito elétrico.

**b.** Os disjuntores substituem os fusíveis com a vantagem de não se destruírem a cada acionamento, isto é, basta esperar que o elemento bimetálico se resfrie para religá-lo, ao passo que os fusíveis necessitam ser substituídos.

**c.** O acionamento dos disjuntores é mais confiável.

**d.** Os disjuntores podem ser classificados segundo o número de pólos em:
(1) monofásicos;
(2) bifásicos; e
(3) trifásicos.

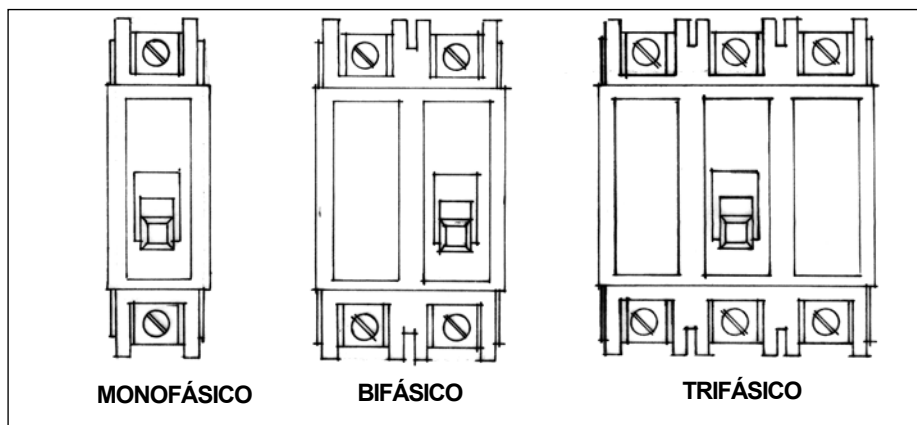



Fig 8-29. Disjuntores “quick-lag” de caixa moldada

**e.** No caso de disjuntores bifásicos ou trifásicos, a sobrecarga de apenas uma fase faz disparar um dispositivo mecânico que desliga as outras fases ao mesmo tempo.

**f.** As correntes nominais dos disjuntores monofásicos são:
10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 50 - 60 e 70 ampères.

**g.** As correntes nominais dos disjuntores bifásicos são:
10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 50 - 60 - 70 - 90 e 100 ampères.

**h.** As correntes nominais dos disjuntores trifásicos são:
25 - 30 - 35 - 40 - 50 - 60 - 70 - 90 - 100 - 125 - 150 - 175 - 200 - 225 - 250 - 300 - 350 - 400.

## 8-31. ESCOLHA DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

**a.** Chave de faca com fusíveis (em desuso): os fusíveis podem ser escolhidos conforme a tabela acima reproduzida, considerando-se a corrente máxima admissível para o condutor que se quer proteger contra superaquecimentos (IMax) e a corrente nominal calculada para o ramal (IR)

**b.** Assim, IF =corrente do fusível deverá obedecer a seguinte relação:
$I_R \leq I_F \leq I_{Max}$

**c.** Exemplo de aplicação: para um ramal de alimentação que abastece uma carga de 2.243 W, sob a tensão de 110V, selecionemos o fusível de proteção do circuito.

$I_R$ = P / V = 2.243 / 110 = 20,3 ampères
$I_Z$ = 28 A (fio #4 mm²)
$IR \leq IF \leq IZ \rightarrow 20,3 \leq IF \leq 28$

**d.** Fusível escolhido pela tabela de fusíveis (Tab 8-13) será o de 25A tipo rolha ou tipo cartucho.

**e.** Disjuntores “quick-lag”: de acordo coma norma, os disjuntores devem trabalhar a menos de 80% de sua capacidade nominal.

**f.** Uma norma prática é admitir uma margem de 25% acima da corrente do ramal.

**g.** Assim, ID =corrente do disjuntor deverá obedecer a seguinte relação:

$I_D \leq 1,25 \times I_{ramal}$

**h.** Exemplo de aplicação: um ramal de alimentação abastece um chuveiro de 4.400 W de potência, sob a tensão de 110V. Selecionemos o disjuntor de proteção do circuito.

$I_R = P / V = 4.400 / 110 = 40$ ampères

$I_D \geq 1,25 \times I_{ramal} \rightarrow I_D = 1,25 \times 40 = 50$ A

**i.** disjuntor escolhido pela tabela de disjuntores será o de 50 A tipo monofásico.

## 8-32. QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

**a.** Os quadros de distribuição alojam vários disjuntores a partir dos quais nascem os diversos ramais de alimentação.

**b.** Devem ser instalados em locais de fácil acesso para que os disjuntores sejam desligados no caso de incêndio ou outro tipo de incidente.

**c.** Deverão ficar instalados a pelo menos 1,50 m do nível do chão.

**d.** Deverão ficar situados de preferência no centro de carga da instalação, de maneira que nenhum circuito fique muito longo. O aumento do percurso exige o aumento da bitola dos condutores (mais caros) para que a queda de tensão seja atenuada.

**e.** As dimensões do quadro de distribuição depende do número de disjuntores a serem instalados.

**f.** No projeto de uma instalação, a disposição dos disjuntores dentro de um quadro de distribuição é representado por meio de um diagrama unifilar como representado na Fig 8-31.

Onde:

(1) o disjuntor de proteção do circuito S1 é monopolar ou monofásico de 15 A;
(2) o disjuntor de proteção do circuito S2 é bipolar ou bifásico de 30A;
(3) o disjuntor de proteção do circuito S3 é tripolar ou trifásico de 50A;
(4) o disjuntor de proteção do circuito geral é tripolar ou trifásico de 70A.

**g.** O disjuntor geral não é calculado pelo somatório de todas as correntes nominais dos disjuntores logo abaixo instalados mas, pelo cálculo da demanda dos circuitos.

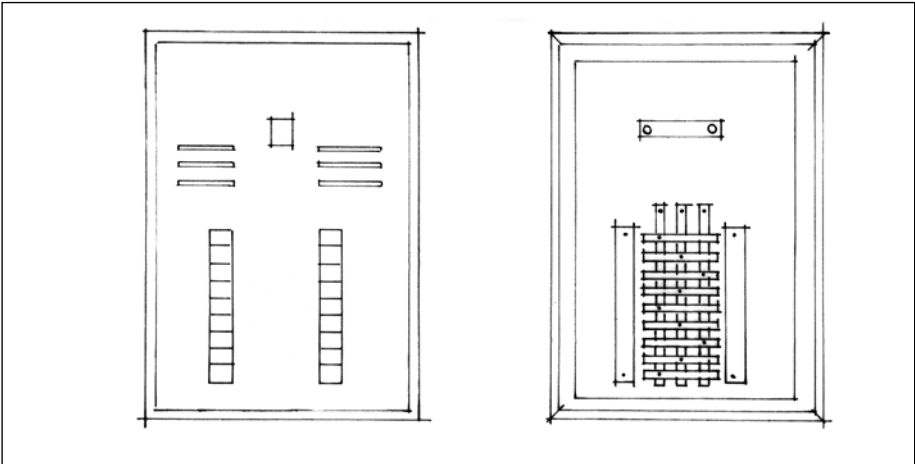



Fig 8-30. Quadro de distribuição de circuitos

NEUTRO
A B C
50 A 15 A
S1
S3 30 A
S2
70 A GERAL
S4
20 $\phi$

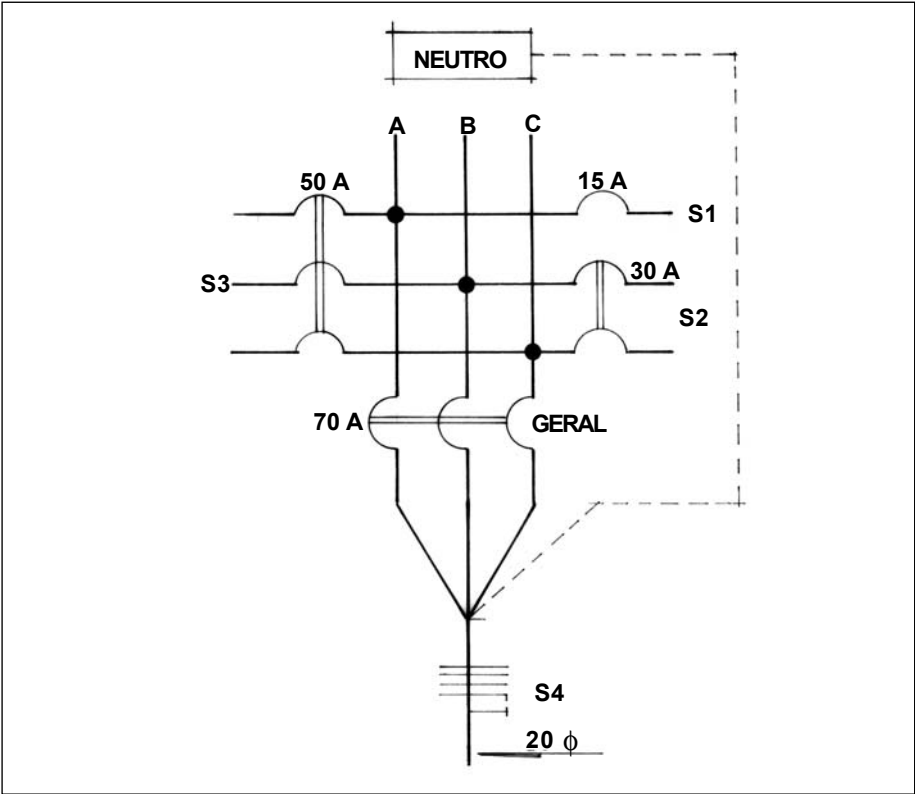



Fig 8-31. Diagrama unifilar de um quadro de distribuição

## 8-33. FATOR DE DEMANDA

**a.** O fator de demanda é um número obtido empiricamente considerando-se que nem todos os equipamentos e lâmpadas estarão ligados e nem todas tomadas instaladas estarão sendo utilizadas ao mesmo tempo.

**b.** Ou seja, planejamos um sistema com capacidade ociosa.

**c.** Para simplificar nosso estudo, podemos utilizar as tabelas das Tab 8-14, 15, 16, 17, 18 e 19 abaixo reproduzidas, para o cálculo da demanda de instalações.

(1) Fator de demanda de iluminação e tomadas.

| Tipo de instalação | Fator de demanda (%) |
|---|---|
| Auditórios, salões para exposição e semelhantes | 86 |
| Bancos | 86 |
| Barbearias, salões de beleza e semelhantes | 86 |
| Clubes e semelhantes | 86 |
| Escolas e semelhantes | 86 para os primeiros 12 kW<br>50 para o que exceder de 12 kW |
| Escritórios | 86 para os primeiros 20 kW<br>70 para o que exceder de 20 kW |
| Garagem, áreas de serviço e semelhantes | 86 |
| Hospitais e semelhantes | 40 para os primeiros 50 kW<br>20 para o que exceder de 30 kW |
| Hotéis e semelhantes | 50 para os primeiros 20 kW<br>40 para os seguintes 80 kW<br>30 para o que exceder de 100 kW |
| Igrejas e semelhantes | 86 |
| Lojas e semelhantes | 86 |
| Residências | 0 < P(kW) < 1 86<br>1 < P(kW) < 2 75<br>2 < P(kW) < 3 66<br>3 < P(kW) < 4 59<br>4 < P(kW) < 5 52<br>5 < P(kW) < 6 45<br>6 < P(kW) < 7 40<br>7 < P(kW) < 8 35<br>8 < P(kW) < 9 31<br>9 < P(kW) < 10 27<br>10 < P(kW) 24 |

Tab 8-14. Tabela de fator de demanda para iluminação e tomadas

(2) Fator de demanda para aparelhos de aquecimento de água.

| **Número de aparelhos** | **Fator de demanda (%)** |
|---|---|
| 1 | 100 |
| 2 | 75 |
| 3 | 70 |
| 4 | 66 |
| 5 | 62 |
| 6 | 59 |
| 7 | 56 |
| 8 | 53 |
| 9 | 51 |

Tab 8-15. Tabela de fator de demanda para aparelhos elétricos de aquecimento de água

(3) Fator de demanda para condicionadores de ar tipo janela instalados em residências.

| Número de aparelhos | Fator de demanda (%) |
|---|---|
| Até 10 | 100 |
| De 11 a 20 | 85 |
| De 21 a 30 | 80 |
| De 31 a 40 | 75 |
| De 41 a 50 | 70 |

Tab 8-16. Tabela de fator de demanda para aparelhos de condicionamento de ar tipo janela

(4) Fator de demanda para condicionadores de ar tipo janela instalados em escritórios.

| **Número de aparelhos** | **Fator de demanda (%)** |
|---|---|
| Até 25 | 100 |
| De 26 a 50 | 90 |
| De 51 a 100 | 80 |
| Acima de 100 | 70 |

Tab 8-17. Tabela de fator de demanda para aparelhos de condicionamento de ar tipo janela

(5) Fator de demanda para motores.

| Número total de motores | Fator de demanda (%) |
|---|---|
| 1 | 100 |
| 2 | 90 |
| De 3 a 5 | 80 |
| Mais de 5 | 70 |

Tab 8-18. Tabela de fator de demanda para motores

(6) Fator de demanda individual para máquinas de solda a transformador e aparelhos de raios X e galvanização

| Equipamento | Potência do aparelho | Fator de demanda (%) |
|---|---|---|
| Solda a arco e aparelhos de galvanização | 1º maior<br>2º maior<br>3º maior<br>soma dos demais | 100<br>70<br>40<br>30 |
| Solda a resistência | Maior<br>Soma dos demais | 100<br>60 |
| Aparelho de raios x | Maior<br>Soma dos demais | 100<br>70 |

Tab 8-19. Tabela de fator de demanda para aparelhos especiais

**d.** Exemplo de aplicação do fator de demanda. Seja uma unidade residencial com os seguintes equipamentos instalados já distribuídos por circuitos:

| Equipamento | Potência instalada (W) | Circuito |
|---|---|---|
| Iluminação | 800 | 1 |
| Torneira elétrica | 3.000 | 2 |
| Tomadas de uso geral da cozinha | 960 | 3 |
| Tomadas de uso geral área de serviço | 960 | 4 |
| Tomadas de uso geral do banheiro e entrada | 560 | 5 |
| Chuveiro elétrico | 4.000 | 6 |
| Máquina de lavar | 616 | 7 |
| Ar condicionado de janela | 1.144 | 8 |
| Tomadas de uso geral sala e quarto | 480 | 9 |
| Reserva | 1.000 | 10 |

Tab 8-20.

**e.** De posse das cargas, faremos a distribuição dos circuitos pelas três fases, buscando seu equilíbrio:

| Circuito | Fase A (W) | Fase B (W) | Fase C (W) | Disjuntor (A) | Disjuntor (tipo) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 800 | - | - | 10 | Monofásico |
| 2 | - | 1.500 | 1.500 | 20 | Bifásico |
| 3 | 960 | - | - | 10 | Monofásico |
| 4 | - | 960 | - | 10 | Monofásico |
| 5 | - | - | 560 | 10 | Monofásico |
| 6 | 2.000 | - | 2.000 | 25 | Bifásico |
| 7 | 616 | - | - | 10 | Monofásico |
| 8 | - | 1.114 | - | 15 | Monofásico |
| 9 | - | - | 480 | 10 | Monofásico |
| 10 | - | 1.000 | - | 15 | Monofásico |
| Total | 4.376 | 4.604 | 4.540 | ? | Trifásico |

Tab 8-21.

**f.** Para o cálculo do disjuntor geral adotaremos o seguinte cálculo do fator de demanda:

(1) Demanda de iluminação e tomadas utilizando a tabela 8-14

| | | | |
|---|---|---|---|
| Até 1 kW | 0,86 | 1 x 0,86 | = 0,86 |
| De 1 até 2 kW | 0,75 | 1 x 0,75 | = 0,75 |
| De 2 até 2 kW | 0,66 | 1 x 0,66 | = 0,66 |
| De 3 até 2 kW | 0,59 | 1 x 0,59 | = 0,59 |
| De 4 até 2 kW | 0,52 | (4,76-4) x 0,52 | = 0,39 |
| | | D1 | = 3,25 kW |

(2) Demanda de aparelhos de aquecimento de água utilizando a tabela 8-15 dois aparelhos de aquecimento de água

D2 = 7 x 0,75 = 5,25 kW

(3) Demanda de aparelhos de ar condicionado tipo janela utilizando a tabela 8-16

D3 = 1,144 x 1 = 1,144 kW

(4) Demanda para motores elétricos (máquina de lavar) utilizando a tabela 8-18

D4 = 0,616 x 1 = 0,616 kW

A demanda será a soma de :
D1+D2+D3+D4 = 3,25+5,25+1,144+0,616 = 10,26 kW
A corrente em cada fase será de:

$$P = V_{FF}\, I \sqrt{3} \rightarrow I = \frac{P}{V_{FF}\sqrt{3}} = \frac{10260}{220\sqrt{3}} = 26,92 \text{ A}$$

Assim, o disjuntor de proteção geral será:
26,92 x 1,25 = 33,66 $\rightarrow$ 35 A

O diagrama unifilar do quadro de distribuição está representado na Fig 8-32.

Fig 8-32. Diagrama unifilar do quadro de distribuição exemplo

## ARTIGO XI

## ATERRAMENTOS

### 8-34. ATERRAMENTOS

**a.** O aterramento é a ligação de um equipamento ou de um sistema à terra, por motivo de proteção, segurança ou por exigência quanto ao seu funcionamento como é o caso do aterramento da carcaça dos geradores.

**b.** Essa ligação de um equipamento à terra realiza-se por meio de condutores de proteção conectados à massa do equipamento, isto é, às carcaças metálicas de motores, geladeiras, microcomputadores, neutro de alimentação de uma instalação, carcaças de bombas de combustível, portas metálicas de paióis, etc.

**c.** O aterramento não protegerá o equipamento contra danos causados por sobretensões ou falhas do isolamento.

**d.** O aterramento serve para proteger o usuário contra choques diretos ou indiretos.

### 8-35. CONDUTORES DE PROTEÇÃO

**a.** Os condutores de proteção são ligados às cordoalhas ou hastes de aterramento.

**b.** O aterramento objetiva direcionar as correntes de falha de isolamento dos equipamentos elétricos ou cargas estáticas diretamente para a terra, assegurando a proteção das pessoas e das instalações.

**c.** Por exemplo, o tradicional choque da geladeira pode ser evitado desde que aterremos corretamente o fio "verde e amarelo" que vem ligado à sua carcaça.

**d.** O aterramento é executado com o emprego de:
(1) eletrodo de aterramento;
(2) condutor de proteção (fio terra).

**e.** Eletrodo de aterramento: formado por um condutor ou conjunto de condutores (ou barras) em contato direto com a terra, podendo constituir a malha de terra, ligados ao terminal de aterramento. Quando o eletrodo de aterramento é constituído por uma barra rígida, denomina-se haste de aterramento.

**f.** Condutor de proteção (terra): condutor que liga as massas e os elementos condutores estranhos à instalação entre si e/ou a um terminal de aterramento principal.

**g.** A seção mínima dos condutores de proteção pode ser determinada pela tabela 8-22.

| Seção dos condutores fase (S) (mm²) | Seção mínima dos condutores de proteção (mm²) |
|---|---|
| $S < 16$ mm²<br>$16 < S < 35$<br>$S > 35$ | S<br>16<br>$S' = S / 2$ |

Tab 8-22. Escolha da seção dos condutores de proteção

**h.** Em cada edificação, no ponto de alimentação de energia e como parte integrante da instalação, deverão ser instalados um ou mais eletrodos de aterramento, formando uma malha, à qual deverá ser conectado o condutor neutro do ramal de entrada.

**i.** Os equipamentos elétricos, suas estruturas e todas as partes condutoras normalmente sem tensão deverão ser permanentemente ligados a terra.

**j.** Antes de se iniciar o abastecimento de cisternas de combustível, recomenda-se que a carroceria de caminhões tanques sejam aterrada na borda dos tanques subterrâneos (que por estarem na terra já estão aterrados), para eliminar a probabilidade de haver descargas elétricas estáticas.

**k.** Pode-se encontrar correntes dependuradas em caminhões tanque de combustível fazendo a vez de condutores de aterramento.

**l.** Carros oficina que utilizam energia elétrica em baixa tensão fornecida por outras instalações também devem ter suas carrocerias aterradas.

8-36. ELETRODOS DE ATERRAMENTO

**a.** Deverá ser utilizado preferencialmente, como eletrodo de aterramento, haste de aço cobreado com comprimento mínimo de 2,00 m.

**b.** Deverão ser feitas inspeções periódicas nas ligações objetivando garantir as condições ideais de aterramento.

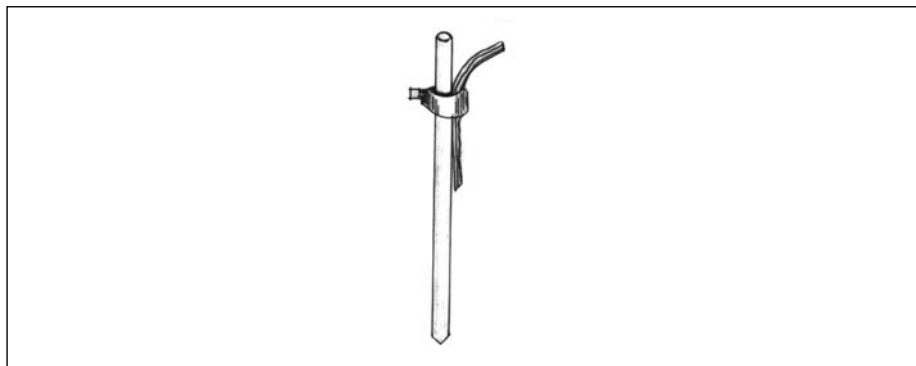



Fig 8-33. Haste de aterramento aço cobreado / 5/8"a 1" / 1500 a 6000 mm

8-37. CONDUTORES DE ATERRAMENTO

**a.** O condutor de aterramento deverá ser de cobre, preferencialmente nu, de seção mínima dimensionada em função dos condutores do ramal de entrada, conforme a tabela 8-22.

**b.** Deverá ser tão curto e retilíneo quanto possível, sem emendas e não conter chaves ou quaisquer dispositivos que possam causar interrupção.

**c.** O ponto de conexão do condutor de aterramento com o eletrodo deverá ser acessível à inspeção e protegido mecanicamente por meio de caixa de imento, alvenaria ou similar.

**d.** A conexão deverá ser feita preferencialmente por meio de conectores especiais à prova de corrosão, conforme a figura abaixo:

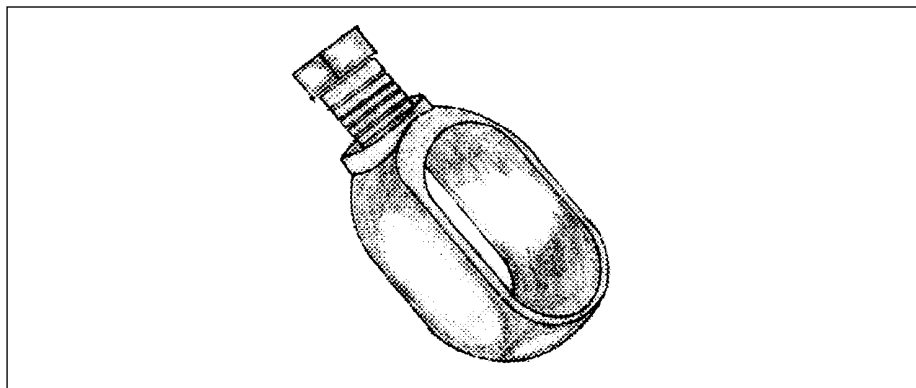



Fig 8-34. Conector de bronze para aterramento para haste 3/8 a 1" ou tubo 1/8" a 3/4"

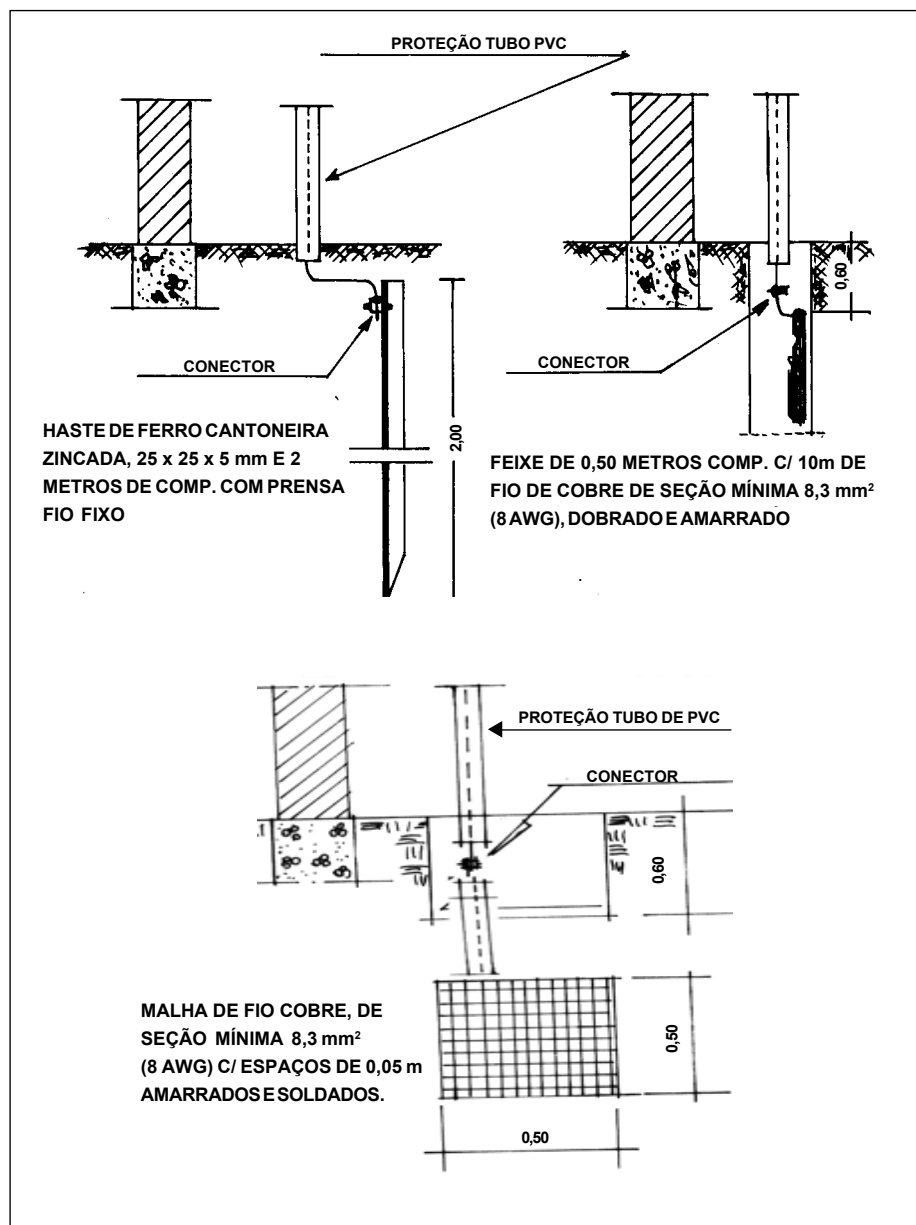



Fig 8-35. Formas de aterramento

## 8-38. NÚMERO DE ELETRODOS

**a.** Consumidores com demanda avaliada até 75 kVA: deverá ser instalada, no mínimo uma haste.

**b.** Consumidores com demanda avaliada entre 75 e 200 kVA: deverão ser instaladas, no mínimo três hastes em paralelo e separadas entre si, pelo menos, por um comprimento igual ao da haste.

**c.** Consumidores com demanda superior a 200 kVA: deverão ser instaladas, no mínimo seis hastes em paralelo e separadas entre si, pelo menos, por um comprimento igual ao da haste.

## 8-39. MALHA DE ATERRAMENTO

**a.** A malha de aterramento compõe-se de eletrodos de aterramento cravados no solo, espaçados entre si pelo menos na medida do seu comprimento e os condutores de aterramento que os interligam. (Fig 8-35)

**b.** A disposição dos eletrodos é variável podendo ser dispostos:
(1) em um quadrado;
(2) em um triângulo;
(3) em um círculo;
(4) em uma malha.

**c.** As malhas de aterramento de uma instalação ou conjunto de instalações devem, na medida do possível, ser todas interligadas para evitar circulação de correntes espúrias.

**d.** Em terrenos rochosos, onde não seja possível cravar hastes, as malhas de aterramento podem ser montadas com chapas metálicas enterradas o máximo possível, interligadas entre si ou com cordoalhas lançadas no terreno, também enterradas o máximo possível e interligadas entre si.

**e.** Em terrenos muito secos, pode-se lançar mão de um recurso expedito para manutenção do nível de aterramento utilizando-se como eletrodo de terra um radiador velho de caminhão ou trator, enterrado a 2 (dois) ou 3 (três) metros de profundidade. Encarrega-se alguém de despejar um balde de água pela manilha periodicamente. A água, saindo pelos furos (que o radiador velho certamente possui) manterá o terreno úmido e com baixa resistência, conforme a Fig 8-37.

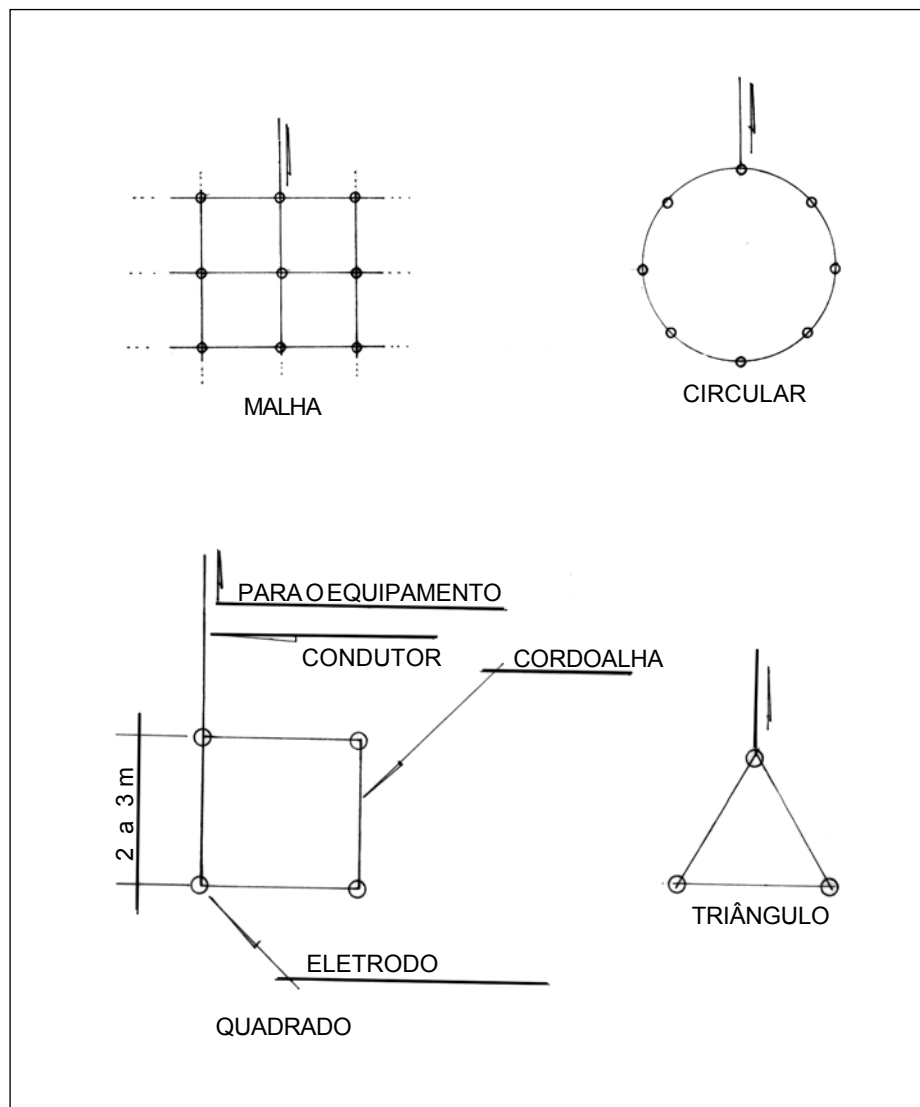



Fig 8-36. Configurações de malha de aterramento

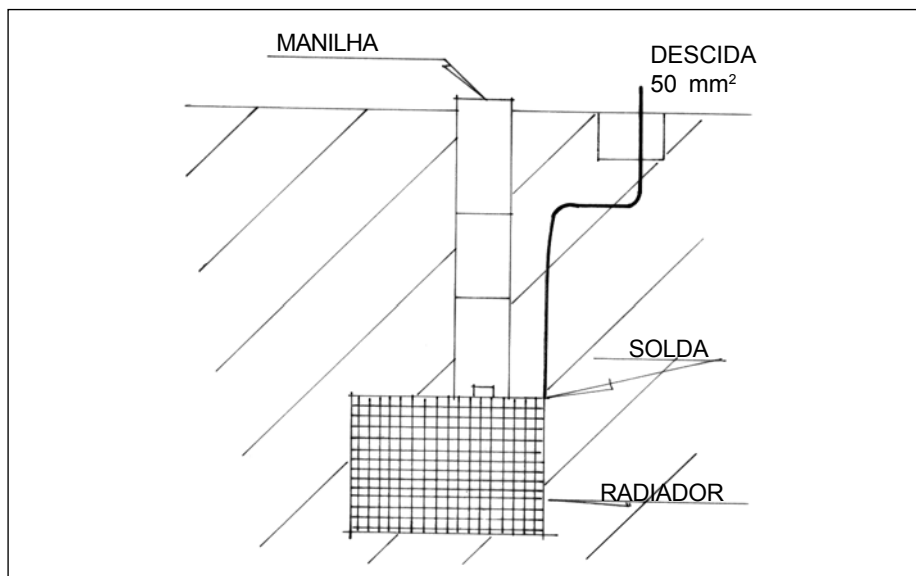



Fig 8-37. Aterramento expedito em terrenos muito secos

## ARTIGO XII

## PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS

8-40. ACIDENTES

**a.** O emprego da eletricidade tem sido responsável por inúmeros acidentes, muitos dos quais fatais, que tem vitimado pessoas em seus lares e em seus locais de trabalho.

**b.** Modernas técnicas de instalação e novos dispositivos de segurança têm sido desenvolvidos com o objetivo de evitar que correntes elétricas, capazes de causar lesões atinjam pessoas que, de alguma maneira, utilizam a eletricidade ou mesmo são vitimadas por descargas elétricas acidentais.

**c.** Podemos assim relacionar alguns acidentes de origem elétrica: são operários da construção civil, eletrocutados ao tocar em peças metálicas acidentalmente energizadas nos canteiros de obras, ou que caem do alto de pontes e prédios em construção ao serem repelidos ao pisar em poças d'água energizadas por condutores "desencapados" jogados pelo chão. São soldadores que são eletrocutados ao utilizarem a máquina de solda elétrica exposta ao tempo em dias chuvosos, dispensando a mínima proteção. São operadores de geradores que ficam grudados aos barramentos por imprudência, imperícia ou negligência. São técnicos fulminados em bancadas, sem proteção adequada, ao fazerem

consertos em equipamentos. Isso sem citar os inúmeros acidente “domésticos”, muitos deles também fatais, em chuveiros e torneiras elétricas, em piscinas, saunas e banheiras de hidromassagem.

**d.** A experiência tem mostrado que as principais falhas residem nos aterramentos malfeitos ou até mesmo inexistentes, e na ausência de dispositivos específicos para proteção contra choques.

## 8-41. EFEITOS FISIOLÓGICOS DA CORRENTE ELÉTRICA

**a.** Qualquer atividade biológica, seja ela glandular, nervosa ou muscular é originada de impulsos de corrente elétrica.

**b.** Se a essa corrente fisiológica interna somar-se uma corrente de origem externa, devida a um contato elétrico, ocorrerá no organismo vivo uma alteração das funções vitais normais que, dependendo da duração da corrente, pode levar o indivíduo até a morte.

**c.** Experiências realizadas a partir dos anos 30 com animais, seres humanos vivos e cadáveres na ALEMANHA, FRANÇA e EUA, permitiram definir quatro fenômenos patológicos críticos:

(1) a tetanização;
(2) a parada respiratória;
(3) as queimaduras; e
(4) e a fibrilação ventricular.

## 8-42. TETANIZAÇÃO

**a.** Tetanização é a paralisia muscular provocada pela circulação da corrente através dos tecidos nervosos que controlam.

**b.** Superposta aos impulsos de comando da mente, a corrente os anula, podendo bloquear um membro ou o corpo inteiro.

**c.** De nada valem, nestes casos, a consciência do indivíduo e sua vontade de interromper o contato.

**d.** Ao se testar pelo toque se um condutor está energizado ou se está sobreaquecido devemos tocá-lo com o dorso dos dedos ou da mão e nunca com a ponta dos dedos ou com a palma da mão. O choque tende a contrair os músculos fechando a mão sobre o condutor. O indivíduo não conseguirá abri-la voluntariamente por mais que tente.

## 8-43. PARADA RESPIRATÓRIA

**a.** Quando o músculo abdominal ou o diafragma são atingidos por uma corrente elétrica (tetanização), os pulmões são bloqueados e a função vital de respiração pára.

**b.** Trata-se de uma situação de emergência que não deve perdurar mais de 5 (cinco) minutos.

**c.** Este é o tempo limite para que a falta de oxigênio não provoque a morte cerebral ou lesões cerebrais irreversíveis.

**d.** Devido à potência do choque a vítima tende normalmente a engolir a língua e sufocar.

**e.** Deve-se por isso, como procedimento de primeiros socorros em caso de acidente com eletricidade, abrir a boca da vítima e verificar se a língua não está enrolada.

## 8-44. QUEIMADURAS

**a.** A passagem de corrente elétrica pelo corpo humano é acompanhada do desenvolvimento de calor por efeito joule, podendo produzir queimaduras.

**b.** Nos pontos de entrada e de saída de corrente a situação torna-se mais crítica, tendo em vista, principalmente a elevada resistência da pele e a maior densidade de corrente naqueles pontos.

**c.** As queimaduras produzidas por corrente elétrica são, via de regra, as mais profundas e as de cura mais difícil, podendo mesmo causar a morte por insuficiência renal.

## 8-45. FIBRILAÇÃO VENTRICULAR

**a.** Se a corrente elétrica atingir diretamente o músculo cardíaco, poderá perturbar o seu funcionamento regular.

**b.** Os impulsos periódicos que em condições normais regulam as contrações (sístole) e as expansões (diástole) são alterados e o coração vibra desordenadamente.

**c.** Em termos técnicos,o coração “perde o passo”.

**d.** A situação é de emergência extrema porque cessa o fluxo vital de sangue ao corpo.

**e.** A fibrilação só pode ser anulada mediante o emprego de um equipamento chamado “desfibrilador”, disponível, via de regra, apenas em hospitais e pronto-socorros.

**f.** Contudo, a massagem cardíaca é de extrema importância para a manutenção da vida até o atendimento médico.

**g.** A aplicação do desfibrilador deve ser feita dentro de 5 (cinco) minutos do acidente, para não ocorrerem morte cerebral ou lesões cerebrais irreversíveis.

**h.** Observe-se que a fibrilação é um fenômeno irreversível que se mantém mesmo após cessada a causa (a vítima não está mais submetida ao choque elétrico).

## 8-46. CONTATOS DIRETOS

**a.** Por contato direto deve-se entender o contato acidental, seja por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de partes isolantes, ou por atitude imprudente de uma pessoa com uma parte elétrica normalmente energizada (parte viva). (Fig 8-38)

**b.** Os contatos diretos são provocados, via de regra, por terminais não isolados, condutores e cabos com isolação danificada ou deteriorada, equipamentos de utilização velhos etc.

## 8-47. CONTATOS INDIRETOS

**a.** Por contato indireto deve-se entender o contato entre uma pessoa e uma parte metálica de uma instalação ou de um componente normalmente sem tensão, mas que pode ficar energizado por falha de isolamento ou por uma falha interna (Fig 8-39)

**b.** Todos os invólucros metálicos de partes metálicas, isto é, todas as massas invólucros de eletrodomésticos, carcaças de motores, caixas e condutos) estão sujeitos a esse tipo de falha, que é particularmente perigoso porque o usuário não suspeita da energização acidental e não está preparado para evitar o acidente.

**c.** A norma NBR5410 prescreve que todas as massas devem estar aterradas através de condutores de proteção e que um dispositivo deve interromper automaticamente a alimentação do circuito onde ocorreu a falta, ou seja, onde a massa ficou energizada, de modo que não seja possível a permanência de tensões de contato perigosas.

**d.** O dispositivo deve sentir a corrente de falta que vai para a terra e atuar num tempo muito curto da ordem de décimos de segundos. Este tipo de atuação rápida só se pode ser obtida com dispositivos diferenciais-residuais (DR).

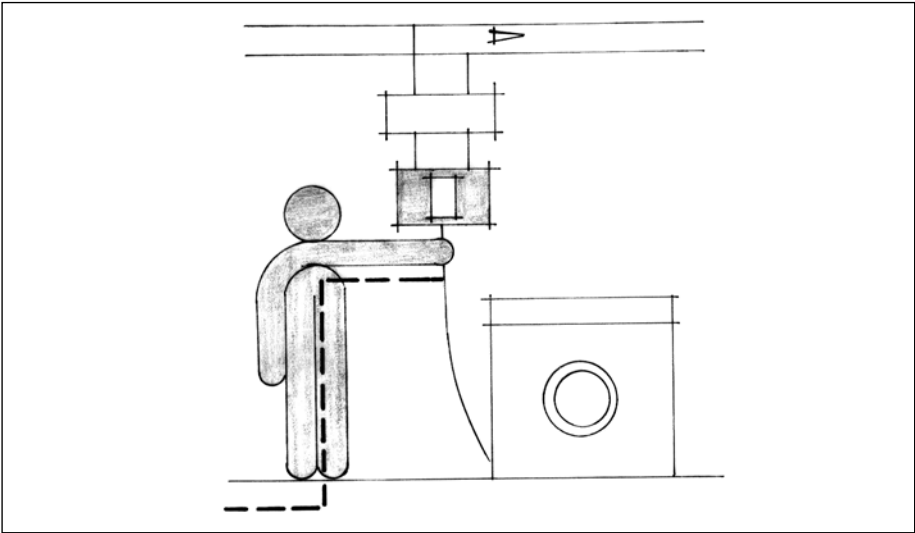



Fig 8-38. Choque direto

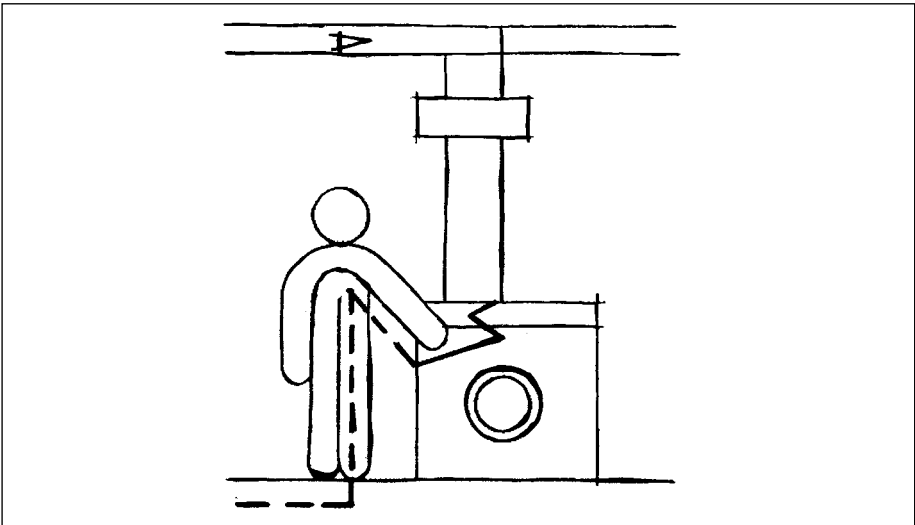



Fig 8-39. Choque indireto

## ARTIGO XIII

## DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS

### 8-48. GENERALIDADES

**a.** Este tópico tem muita importância devido às atividades desenvolvidas pelo militar expondo-se em campo aberto, na beira de cursos d'água ou navegando neles, operando equipamentos de comunicações, deslocando tropa ou instalando-se em área de acampamentos.

**b.** Toda a atividade representa um perigo potencial para a tropa, se não forem conhecidos princípios básicos de proteção contra descargas atmosféricas.

### 8-49. A INCIDÊNCIA DAS TROVOADAS

**a.** A trovoada pode ser definida como o conjunto de fenômenos eletromagnéticos, acústicos e luminosos que ocorrem numa descarga atmosférica.

**b.** O número de dias de trovoada que ocorrem por ano em uma dada localidade é o seu índice ceráunico. Esse parâmetro vem sendo usado há muitos anos pelos meteorologistas para caracterizar atividade relativa às descargas atmosféricas me uma localidade, de modo que pode-se calcular a probabilidade de caírem raios.

**c.** O valor médio das intensidades das correntes dos raios obtido pela CEMIG fica em torno de 45 kA. O valor médio obtido pelo CIGRE fica em torno de 35 kA.

### 8-50. O FENÔMENO NO SOLO

**a.** Os raios podem causar a morte de pessoas e animais e danos materiais por vários efeitos, que podem ser analisados considerando-se todos os fenômenos ligados a uma descarga entre nuvens e terra.

**b.** Quando um líder ascendente, saindo de um solo plano, se encontra com o líder descendente, forma-se a descarga de retorno, que é de grande intensidade, produzindo:

(1) uma grande elevação de temperatura no centro do canal do raio e, em consequência, uma violenta explosão do ar, com o ruído de um estrondo, que é o trovão.

(2) fortes campos magnéticos, em torno do canal do raio, que se propagam a centenas de metros.

(3) linhas radiais de corrente no solo, com origem no ponto de impacto do raio.

**c.** Existe uma foto de um campo de golf onde a grama foi "queimada" no percurso da corrente, mostrando um conjunto de linhas convergindo para o ponto de impacto. Essas linhas são as que foram percorridas pela corrente.

**d.** Ao longo das linhas de corrente, existirão quedas de tensão variáveis com a resistividade do solo. Unindo os pontos de mesmo potencial ao longo as linhas de corrente, teremos um conjunto de curvas “concêntricas". Se o terreno tivesse resistividade uniforme, teríamos uma série de retas radiais (linha de corrente) a partir do ponto de impacto e uma série de círculos concêntricos (linhas equipotenciais).

**e.** Ao longo do tronco de uma árvore, haverá equipotenciais elevados e, a partir da raiz (ou raízes), sairão linhas de corrente concêntricas com o mesmo aspecto. A árvore poderá se incendiar, se o raio for de baixa intensidade decorrente mas de grande duração, ou romper-se com pouca carbonização, se o raio for de grande intensidade e pequena duração. Neste último caso é a rápida evaporação da água que provoca a explosão. Esses dois efeitos originaram as designações de raio incendiário e raio explosivo.

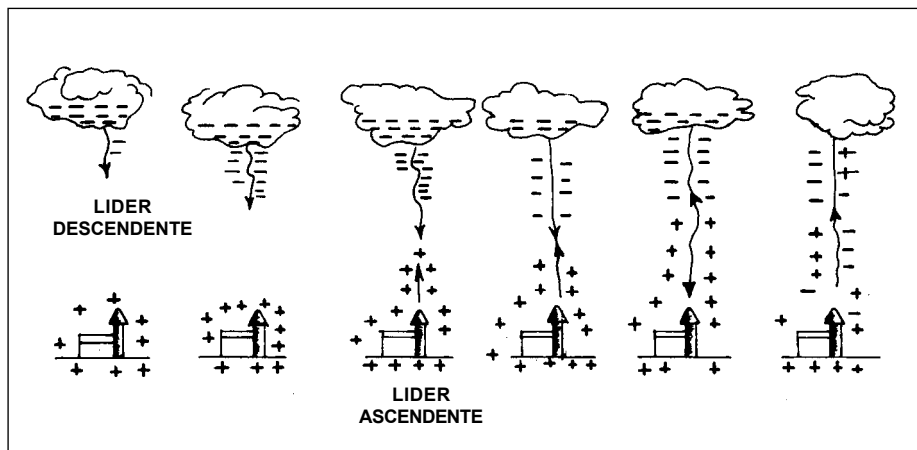



Fig 8-40. Descarga atmosférica

## 8-51. TENSÃO DE PASSO

**a.** A partir do ponto de impacto, um raio produz a elevação da tensão no solo em círculos concêntricos equipotenciais. (Fig 8-41)

**b.** Na figura mostramos que uma vaca, por exemplo, quando está próxima (100 a 500 m ou mesmo mais) do local onde caiu um raio, fica submetida a uma tensão de passo entre suas patas dianteiras e traseiras, o que pode fazer passar uma corrente (da ordem de mA) pela região do coração causando fibrilação ventricular e conseqüentemente a morte.

**c.** Para o homem, a tensão de passo é mais baixa (a distância entre os pés é mais curta) e a parcela de corrente que passaria pelo tronco (coração) é muito pequena, passando a parcela maior entre as pernas e o baixo ventre.

**d.** Mas não é só a queda de um raio que pode causar acidentes através do surgimento de tensões de passo. O rompimento e queda de um condutor de eletricidade de alta tensão energizaria o solo a partir do ponto onde caiu.

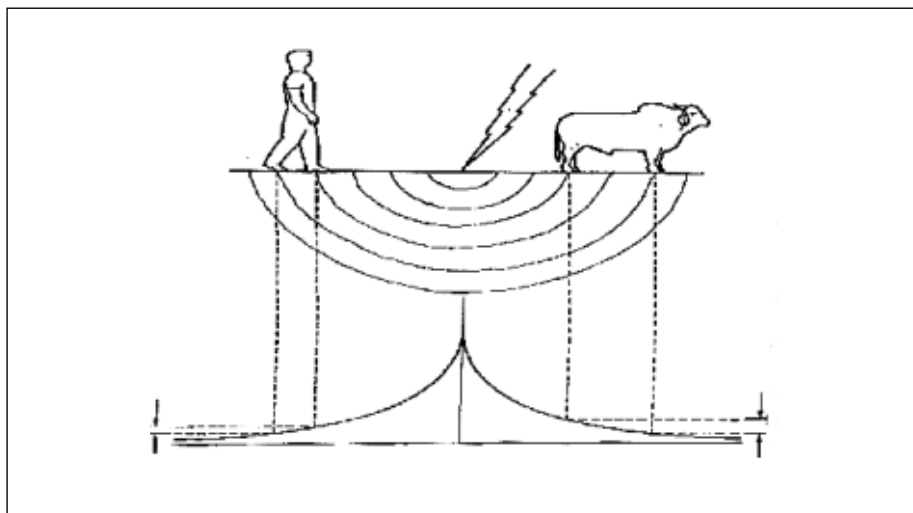



Fig 8-41. Tensão de passo a partir da queda de um raio

8-52. TENSÃO DE TOQUE

**a.** Na figura 8-42 mostramos como uma vaca pode morrer tocando com o rabo em uma cerca carregada eletrostaticamente pela presença de uma nuvem tempestuosa.

**b.** Esta ocorrência deu origem, no VALE DO PARAÍBA-SP, a uma expressão popular referente à morte de uma pessoa: “Fulano de Tal deu com o rabo na cerca”.

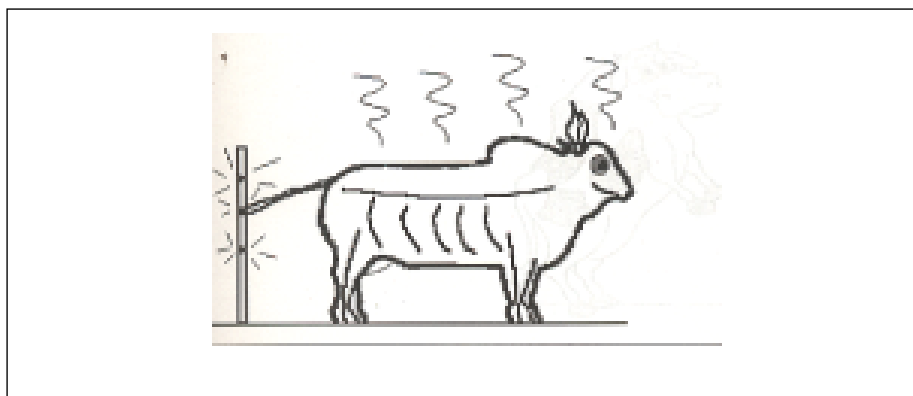



Fig 8-42. Tensão de toque

**c.** Ao se deslocar no campo durante uma tempestade, deve-se orientar a tropa para que se mantenha afastada das cercas.

**d.** Se houver a queda de um raio próximo a um alambrado, cerca ou outra estrutura metálica, energizando-a temporariamente e um homem, de pé, neles estiver se apoiando com uma ou as duas mãos, haverá a passagem de corrente elétrica pelo tronco desde as mãos até os pés, o que provavelmente causará a sua morte.

**e.** Caso se necessite aterrar as cercas para reduzir o perigo da eletricidade estática, basta interligar os armes das cercas e ligar este arame de interligação uma haste (cano de água galvanizado, cantoneira de aço galvanizado, etc) de comprimento de 0,50 a 1,00 m. A cada dois ou três aterramentos é conveniente seccionar a cerca (para reduzir os potenciais de eletricidade acumulada) com isoladores cerâmicos ou mesmo improvisando-se com pedaços de madeira de 30 a 50 cm ou seccionar a cerca com o uso de moirões duplos.

## 8-53. DESCARGAS LATERAIS

**a.** Em uma situação parecida com a anterior, entre o condutor da corrente e a cabeça da vítima aparece uma tensão tão alta que ocorre uma descarga disruptiva, causando frequentemente a morte.

**b.** Esta é a causa mais freqüente de morte, pois as pessoas procuram se abrigar da chuva embaixo das árvores e são atingidas pelas descargas, ou sofrem os efeitos dos campos magnéticos no laço formado entre elas e a árvore.

**c.** É possível também que a causa da corrente seja o campo magnético no laço formado entre a pessoa e o condutor Fig 8-43.

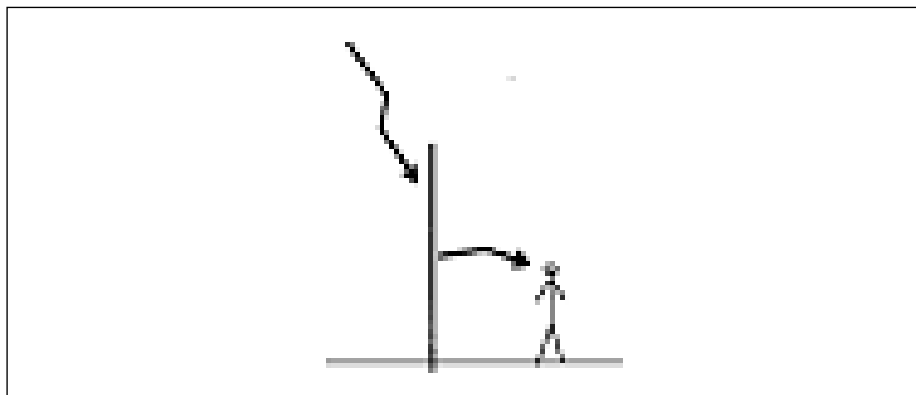



Fig 8-43. Descarga lateral

## 8-54. DESCARGAS DIRETAS

**a.** Uma pessoa andando em campo aberto pode se tornar o alvo e receber diretamente o impacto do raio, caso em que raramente resiste às queimaduras e aos efeitos da corrente sobre o cérebro e sobre o coração.

**b.** Os poucos sobreviventes são as vítimas que foram atingidas por um ramo ou braço menor do raio, com corrente de baixíssima intensidade, como foi o caso do treinador físico do São Paulo F.C. em 1997, atingido por um ramo da descarga principal, ou do jogador Carlos Alberto Borges, do Palmeiras, em 1983, onde só ele foi atingido. Em campo havia mais 25 pessoas.

## 8-55. RECOMENDAÇÕES PARA PROTEÇÃO PESSOAL

**a.** Analisando os efeitos das descargas atmosféricas, podemos estabelecer algumas regras de proteção pessoal.

**b.** Se estiver em campo aberto e aproximar-se uma tempestade, procurar abrigo dentro de uma casa.

**c.** Se não houver possibilidade de abrigar-se, abaixar-se e com os pés juntos e mãos sobre os joelhos, aguardar a passagem da trovoada.

**d.** Não permanecer na praia ou piscina, saindo imediatamente a procura de um abrigo.

**e.** Se estiver dentro da água (praia, piscina, rio) deve-se sair porque na água surgirão diferenças de potencial bem maiores e mais perigosas do que as geradas no solo, as quais poderão fazer passar pelo tronco correntes elevadas, suficientes para provocar uma parada cardíaca.

**f.** Afastar-se de peças metálicas grandes e expostas: grades, tanques, alambrados, equipamentos de construção, escadas, etc.

**g.** Se estiver pescando, retirar a linha e vara de dentro d’água.

**h.** Suspender os jogos quando se inicia uma trovoada. O gramado pode ser protegido por cabos suspensos na direção transversal do campo com três cabos de aço de 50 mm², dispostos sobre a linha divisória e sobre as linhas das duas grandes áreas e a uma altura na parte mais baixa de 10 m.

**i.** Em parques de diversão os riscos são maiores porque os brinquedos são altos e metálicos, constituindo-se em alvos para os raios e as pessoas podem ser atingidas por um braço do raio ou serem vítimas do pânico. Os equipamentos devem ser desligados com calma e as pessoas conduzidas para abrigos.

## 8-56. COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO

**a.** Um sistema de proteção tem basicamente três sistemas de componentes, a saber:

(1) captores;
(2) descidas; e
(3) malha de aterramento.

**b.** O sistema de captores têm a função de receber os raios, reduzindo ao mínimo a probabilidade da estrutura ser atingida diretamente por eles e deve ter a capacidade térmica e mecânica suficiente para suportar o calor gerado no ponto de impacto, bem como os esforços eletromecânicos resultantes. A corrosão dos agentes poluentes deve ser levada em conta na escolha do tipo de material.

**c.** O sistema de decidas têm a função de conduzir a corrente do raio recebida pelos captores até o aterramento, reduzindo ao mínimo a probabilidade de descargas laterais e de campos eletromagnéticos perigosos no interior da estrutura. deve ter ainda capacidade térmica para suportar o aquecimento produzido pela passagem da corrente e resistência mecânica para suportar os esforços eletromecânicos e boa resistência à corrosão.

**d.** A seção mínima dos condutores cilíndricos e cabos deve ser:

| material | Seção mínima (mm²) |
|---|---|
| Cobre | 35 |
| Alumínio | 70 |
| Aço | 50 |

Tab 8-23. Tabela de seção mínima para condutores

**e.** O sistema de aterramento tem a função de dispersar no solo a corrente recebida dos condutores de descida, reduzindo ao mínimo a probabilidade de tensões de toque e de passo perigosas. deve ter capacidade térmica suficiente para suportar o aquecimento produzido pela passagem de corrente e, principalmente, deve resistir à corrosão pelos agentes agressivos encontrados nos diferentes tipos de solos.

## 8-57. PROTEÇÃO ATRAVÉS DO MODELO ELETROGEOMÉTRICO

**a.** É a mais moderna ferramenta com que contam os projetistas de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

**b.** A obtenção da área protegida por uma haste vertical é feita por uma construção geométrica simples.

**c.** Traça-se inicialmente uma reta paralela ao plano do solo determinando-se a altura de segurança igual ao raio de ação “R1”.

**d.** Com a ponta seca de um compasso apoiada na extremidade da haste do pára-raio e com abertura igual a “R1” traça-se um arco de circunferência que detremina na reta anterior dois pontos “P1” e “P2”.

**e.** Com centro nesses dois pontos e ainda com o mesmo raio “R1”, traçam-se dois arcos de circunferência desde a ponta da haste até o solo.

**f.** A área entre estes dois últimos arcos e a terra é a área protegida pela haste.

**g.** Girando esta área entorno do mastro do pára-raio teremos um volume de proteção

**h.** Se unirmos dois pára-raios com um cabo, teremos um volume de proteção que se assemelha a uma tenda.

**i.** O raio de proteção “Ra” dependerá do grau de proteção requerido, variando desde 20 até 60 metros, no caso de áreas de armazenagem em refinarias de petróleo ou áreas de empaiolamento.

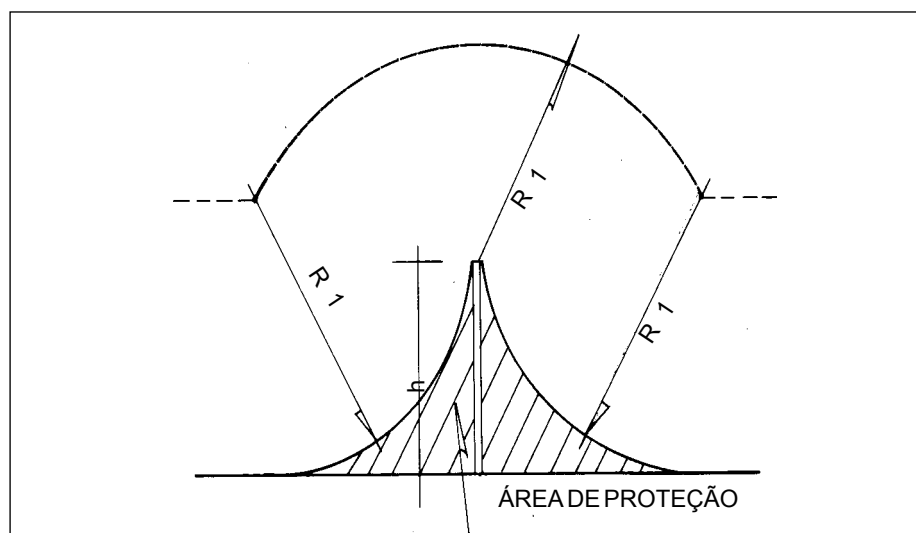



Fig 8-44. Determinação do volume de proteção utilizando uma haste

LEGENDA

CORDOALHA DE INTERLIGAÇÃO E DESCIDA

MALHA DE ATERRAMENTO

CAPTOR

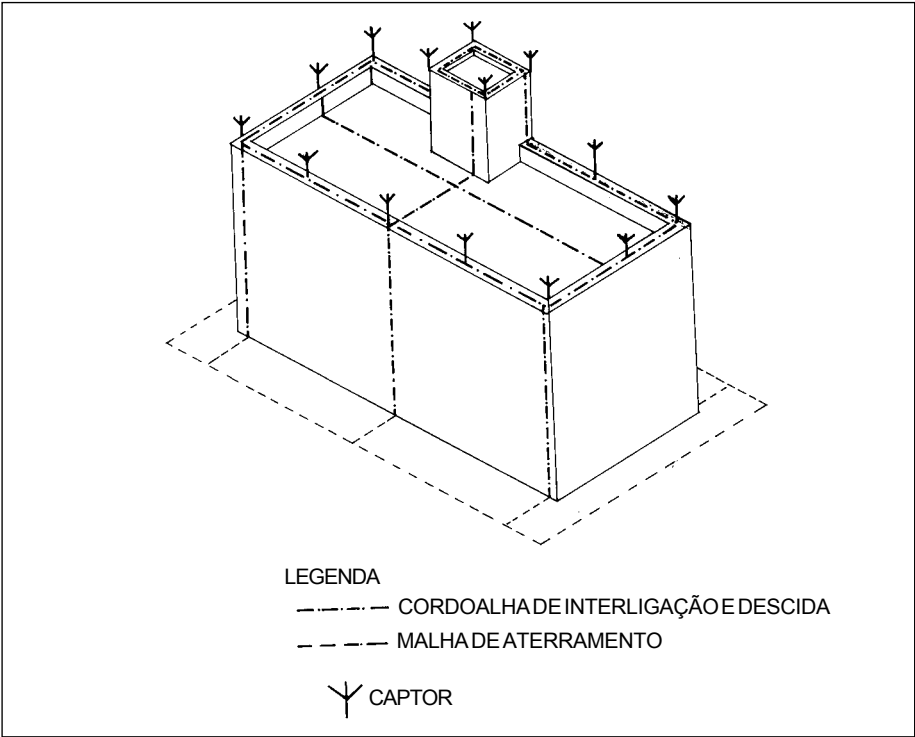



Fig 8-45. Componentes de um sistema de proteção

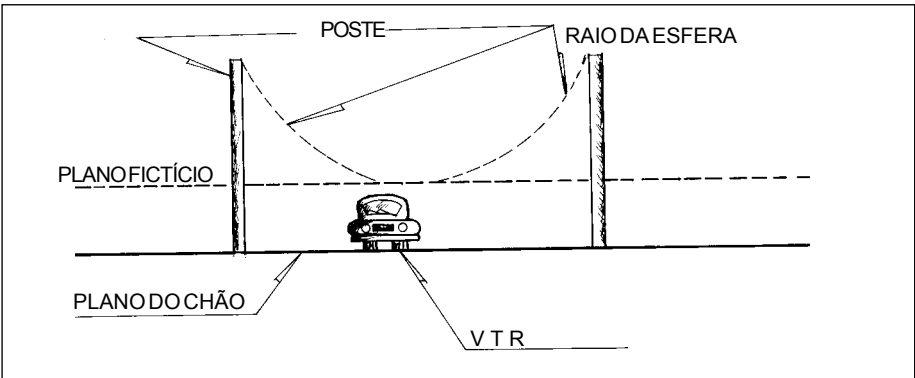



Fig 8-46. Determinação do volume de proteção utilizando duas hastes

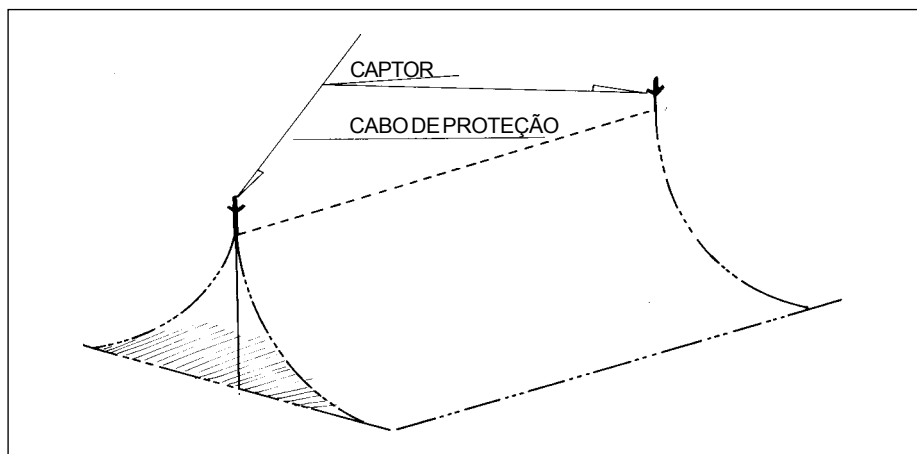



Fig 8-47. Determinação do volume de proteção utilizando duas hastes e um cabo de proteção

## ARTIGO XIV

## MOTORES ELÉTRICOS

### 8-58. GENERALIDADES

Os motores elétricos trifásicos requerem alguns cuidados para a sua utilização que devem aqui ser lembrados.

### 8-59. SENTIDO DE ROTAÇÃO DO MOTOR

Se invertermos duas fases quaisquer da ligação de um motor elétrico trifásico, o sentido de giro do motor muda.

### 8-60. FALTA DE UMA FASE

**a.** Se durante na tentativa de ligar o motor estiver faltando uma das três fases, o motor vai produzir um “zumbido” e não partirá. As correntes que passam pelos enrolamentos serão elevadas e se esta situação de falta de fase perdurar por algum tempo, o motor “queimará”.

**b.** Se estiverem faltando duas fases o motor não parte e não queima.

**c.** Se durante o funcionamento faltar uma das fases, o motor continuará funcionando precariamente, produzirá um “zumbido” característico e percebe-se que a velocidade cai. Em pouco tempo as correntes elevadas queimarão os enrolamentos do motor.

8-61. PARTIDA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

**a.** Até 5 CV (cavalos vapor) de potência os motores elétricos trifásicos podem ser ligados diretamente através de chaves.

**b.** A partir de 5 CV até 15 CV esses motores necessitam de uma chave chamada estrela triângulo para amenizar as correntes de partida do motor que são muito altas.

**c.** Os inconvenientes de partir motores grandes diretamente seriam ter que dimensionar a bitola dos cabos a maior e as quedas de tensão que se observam em outros pontos da instalação (a luz pisca).

**d.** Acima de 15 CV utiliza-se chaves compensadoras.

**e.** Os enrolamentos dos motores elétricos trifásicos são ligados em dois tipos de configuração: estrela e triângulo como mostra a Fig 8-48. Na configuração em estrela a corrente que passa pelos enrolamentos é menor que na configuração triângulo.

**f.** Se um motor elétrico trifásico não possuir plaqueta de identificação, poderemos saber a sua potência medindo com um alicate amperímetro a sua corrente de funcionamento e aplicando a fórmula:

$$P = Vff \times i \times \sqrt{3} \times \cos j \times h$$

Vff = tensão entre as fases
cos j = 0,85
h = 0,90

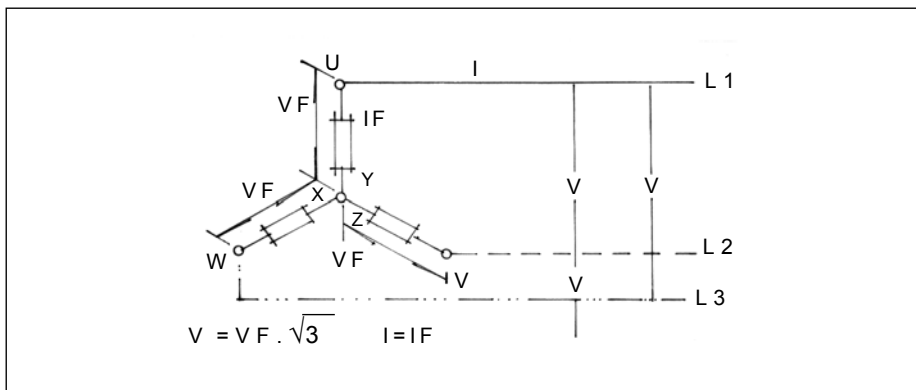



Fig 8-48. Ligação dos enrolamentos trifásicos em estrela

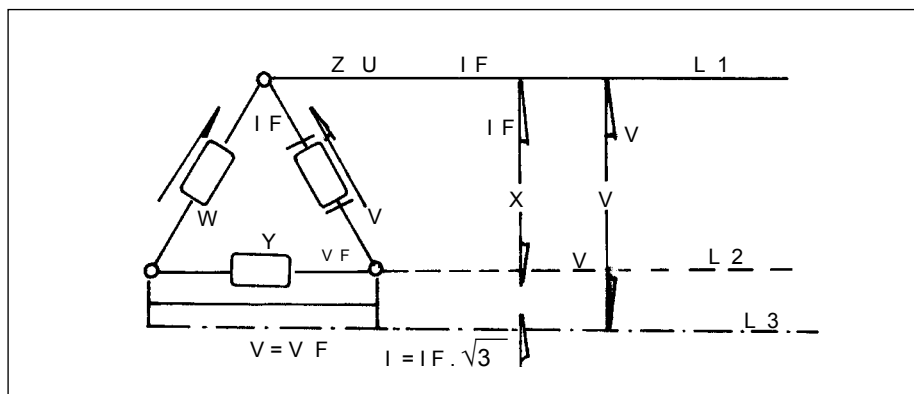



Fig 8-49. Ligação dos enrolamentos trifásicos em triângulo

# CAPÍTULO 9

# ACANTONAMENTOS

## ARTIGO I

## GENERALIDADES

9-1. INTRODUÇÃO

**a.** O estacionamento da tropa varia com o tempo de permanência previsto e com a situação tática existente. Quando não há previsão de emprego imediato, procura-se dar à tropa as melhores condições possíveis de conforto e bem-estar utilizando-se, para esse fim, das instalações existentes e, na falta dessas ou para completá-las, das instalações semipermanentes.

**b.** Normalmente, no TO, os pavilhões dos acantonamentos militares são de estrutura simples, de um só pavimento, destinado ao alojamento do pessoal. São previstos, também, pavilhões para o comando, administração, rancho, alojamento de oficiais, almoxarifado, enfermaria, corpo da guarda com prisão, banheiros e outros.

**c.** Para cada unidade que recebe ordem de ocupar um acantonamento, distribuem-se determinados pavilhões que o Cmt da Unidade redistribui às suas subunidades. É aconselhável designar para cada pavilhão, efetivo igual ou superior a um pelotão, mantendo a integridade tática das frações.

**d.** A ocupação das instalações existentes deve obedecer às prioridades impostas às necessidades do TO. Em princípio, nenhuma propriedade particular poderá ser ocupada sem a devida permissão do proprietário, exceto nos casos previstos na legislação.

**e.** As instalações de água, luz e esgoto existentes deverão ser aproveitadas ao máximo. Poderá ser necessária a ampliação dessas instalações para atender às necessidades das tropas.

9-2. TIPOS DE PAVILHÕES SEMI-PERMANENTES

**a. Pavilhões pré-fabricados** - Empregam-se, nessas construções, materiais já moldados, cortados, perfurados, ajustados e, em alguns casos, já parcialmente montados. Os materiais preparados são dispostos em embalagens próprias para o embarque e o transporte. Os depósitos da E Ex Cmp devem possuir, em estoque, certa quantidade desses materiais para atender às necessidades mais urgentes.

**b. Pavilhões improvisados** - Quando não se dispuser dos materiais especificados nos "projetos-tipo", deve-se providenciar a sua substituição, improvisando-se o que for necessário, mediante a exploração dos recursos locais.

**c. Pavilhões padronizados** - São construções com projeto-tipo especificado de modo a permitir sua execução em série. Têm por finalidade aumentar o grau de produtividade e facilitar a sua execução. Como os pavilhões necessários não terão todos a mesma área, utiliza-se múltiplos de um módulo básico para obter-se a área total da construção desejada.

**d.** O módulo adotado como base é de 36 metros quadrados (6x6 metros), o que possibilita a execução de pavilhões diversos, com área total de 6 m x N metros, sendo N, múltiplo de 3m, uma vez que há possibilidade de se utilizar ½ módulo no sentido de comprimento. A Fig 9-1 mostra em esquema um pavilhão de 126 metros quadrados (6x21) = 6 x (6+6+6+3).

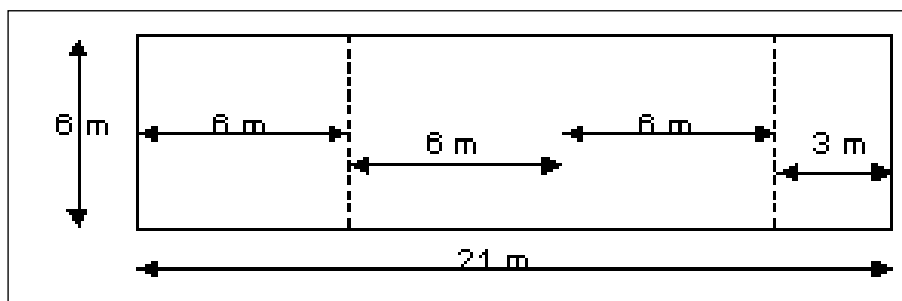



Fig 9-1. Pavilhão

## ARTIGO II

## "PROJETO-TIPO" DE PAVILHÃO

9-3. MEMORIAL DESCRITIVO

**a.** Um pavilhão militar é uma construção singela, apenas de um pavimento com estrutura, paredes e piso de madeira, telhado em duas águas com beiral saliente e especificações de padrão simples;

**b.** A construção de um pavilhão de madeira do tipo indicado compreende uma série de operações ou trabalhos, executados na seguinte ordem:

(1) locação e marcação das fundações;
(2) Implantação e nivelamento das fundações;
(3) colocação e fixação da estrutura do piso (mestras e vigotas);
(4) levantamento, aprumação e escoramento dos pés direitos;
(5) montagem, aprumação e fixação das tesouras;
(6) colocação das linhas, terças e cumeeira;
(7) pregação das paredes externas;
(8) fixação dos caibros e ripas da cobertura;
(9) colocação das telhas;
(10) colocação do assoalho;
(11) paredes internas e aberturas; e
(12) arremates finais.

## 9-4. PLANTA, CORTES E DETALHES

**a.** As plantas, cortes e detalhes, relativas aos "pavilhões-tipo", constam das Fig 9-2, 9-3 e 9-4.

## 9-5. ESPECIFICAÇÕES

**a. Considerações Iniciais** - Antes de ser iniciada a obra, deve-se examinar, cuidadosamente, os dados levantados no planejamento diretriz: seleção do local, levantamento topográfico, disposição e estimativa. Um anteprojeto bem detalhado facilitará a execução da obra dentro do cronograma previsto.

**b. Serviços preliminares** - O nivelamento e a limpeza do terreno devem ser restritos ao local das edificações, procurando preservar o mais possível a aparência natural do terreno. A locação dos eixos principais devem ser materializados no terreno para conferência em qualquer fase da obra.

**c. Fundações** - As cavas de fundação devem ser niveladas a uma profundidade mínima de 0,50 m, com o fundo bem apoiado. O terreno deve suportar, no mínimo, 1 kg/cm², para evitar fundações especiais.

**d. Estrutura de madeira** - Deverão ser utilizadas peças de madeira serrada nas dimensões recomendadas, podendo ser substituídas por outras do mesmo módulo de resistência (em peças retangulares $W = 1/6\,bh^2$). Geralmente as peças são pregadas, salvo quando suas dimensões requeiram o uso de parafusos, braçadeiras ou conectores. As ligações devem ser detalhadas nos desenhos do "projeto-tipo", evitando-se cortes e juntas complexas.

**e. Instalações** - Todas as instalações internas devem ser aparentes e limitadas ao mínimo necessário ao conforto e segurança dos usuários.

**f. Paredes e aberturas** - As paredes poderão ser montadas no solo, em painéis, e erguidas para a posição depois de pregadas. Não serão usadas fechaduras ou trincos de metal nas portas e janelas.

**g. Telhado** - As tesouras serão montadas no chão e içadas para o lugar, dependendo da mão-de-obra e equipamentos disponíveis. A cobertura poderá ser, em princípio, com qualquer tipo de telha existente no local, inclusive de madeira ou fibrocimento. É importante que apresente boa vedação às chuvas.

**h. Pavimentação** - Internamente, a escolha será de tábuas de madeira justapostas, sem nenhum acabamento.

**i. Arremates finais** - A preocupação com o aspecto estético deve ser mínima. A prioridade fica por conta da economia de meios, pessoal ou material e a funcionalidade da obra.

## 9-6. ORÇAMENTO

Para fim de orçamentação, segue-se o formulário abaixo.

FORMULÁRIO PARA ORÇAMENTO DO "PROJETO-TIPO"

PAVILHÃO DE 6 x L (L = comprimento em metros)

1 - FUNDAÇÃO

**a. Cepos** (0,30 x 0,30 x 1,00) ou (Ø 0,40 x 1,00) .... 4(L/3 + 1)

(1) Comprimento do pavilhão: L
(2) Largura do pavilhão: 6 m
(3) Distância entre os cepos no sentido da largura: 2 m
(4) Distância entre os cepos no sentido do comprimento: 3 m
(5) Quantidade de linhas de cepos: 6/4 + 1 = 4
(6) Quantidade de cepos em uma linha: L/3 + 1
(7) Quantidade total de cepos: 4 (L/3 + 1)

2 - PAVIMENTAÇÃO

**a. Mestra** (0,08 x 0,20 x 3,30) .... L/3 x 4

(1) Comprimento do pavilhão: L
(2) Largura do pavilhão: 6
(3) Distância entre as mestras: 2 m
(4) Quantidade de linhas de mestras: 6/2 + 1 = 4
(5) Quantidade de mestras por linha: L/3 (foram considerados como aproveitáveis 3 m)
(6) As mostras se apoiam sobre os cepos e recebem as vigotas.

**b. Vigotas** (0,08 x 0,16 x 2,20) ...... 3 (2L + 1)

(1) Comprimento do pavilhão: L
(2) Largura do pavilhão: 6 m
(3) Distância entre as vigotas: 0,50 m

(4) Quantidade de vigotas por linha: 6/2,00 = 3 (Foram consideradas como aproveitáveis somente 2 m)

(5) Quantidade de linhas de vigotas: L/0,5 + 1 = 2 L + 1

(6) Quantidade total de vigotas: 3 (2L + 1)

(7) As vigotas se apoiam sobre as mestras e recebem os pés-direitos.

**c. Tábuas** (1” x 0,30 x 5,00) ...... 4L

(1) Comprimento do pavilhão: L

(2) Largura do pavilhão: 6 m

(3) Comprimento de tábua: 5 m

(4) Largura da tábua: 0,30 m

(5) Quantidade de tábuas por linha: L/5

(6) Quantidade de linhas de tábua: 6/0,30 = 20

(7) Quantidade total de tábuas: L/5 x 20 = 4L

(8) Procurar desencontrar as juntas, para efeito estático

(9) A maior dimensão de tábua deve ser lançada no sentido de comprimento do pavilhão.

3 - PAREDES EXTERNAS

**a. Tábuas** (1”x 0,30 x 5,00) ....... (2L + 12)/0,30

(1) Comprimento de tábua: 5 m

(2) Largura da tábua: 0,30 m

(3) Pé direito do pavilhão: 3,30 m

(4) Altura das paredes laterais: 3,00 (Pé direito) + 0,16 (vigota) + 0,20 (mestra) = 3,66

(5) Perímetro do pavilhão: 2 L + 12

(6) Quantidade de tábuas: (2L + 12)/0,30

(7) Embora as tábuas laterais do pavilhão sejam para cobrir apenas 3,66 m, não foi considerada a sobra de 1,34 m em cada, a qual servirá para cobrir a linha acima dos pés-direitos na frente e fundos dos pavilhões e também para as paredes internas do pavilhão.

4 - PÉ-DIREITO

**a. Pilar** (0,08 x 0,16 x 3,30) ou 0,08 x 0,08 x 3,30) .... 2 (L/3 + 1)

(1) Comprimento do pavilhão: L

(2) Distância entre os pés-direitos nas laterais do pavilhão: 3 m

(3) Distância entre os pés-direitos na frente e nos fundos do pavilhão: 6, 8 ou 10 m. No caso de vãos maiores, deverá ser acrescida uma linha central.

(4) Nr de linhas de pés-direitos: 2

(5) Nr de pés-direitos: L/3 + 1

(6) Quantidade total de pés-direitos: 2 (L/3 + 1)

(7) Os pés-direitos apoiam-se sobre as vigotas e recebem as vigas, exceto alinha central que recebe a tesoura.

(8) Em caso de construções com pé-direito maior que 3,30 m, devem ser adquiridas peças com dimensões correspondentes ao valor que se deseja.

**b. Viga** (0,08 x 0,16 x 3,30) ........ L/3 x 2

(1) Comprimento do pavilhão: L

(2) Quantidade de linhas por viga: 2

(3) Quantidade de vigas por linha: L/3 (foram considerados como aproveitáveis: 3 m).

(4) As vigas se apoiam sobre os pilares e recebem as tesouras. Servem para fixar a parte superior das tábuas das paredes.

## 5 - TELHADO

**a. Comprimento do telhado**

(1) Ponto de telhado: 2/3

(2) Em uma linha de 6 m, como o pendural se assenta no meio da mesma, concluímos que aquele mede 2 m.

(3) Seguindo esse raciocínio, o ângulo do telhado é igual ao arc tg 2/3

(4) O comprimento do telhado será igual à perna da tesoura (p) mais o beiral (no plano do telhado).

(5) Utilizando o teorema de Pitágoras, temos:

$$p = \sqrt{3^2 + 3^2} = \sqrt{13} \cong 3,6$$

(6) Arbitrando um beiral de 0,50 m, o comprimento do telhado será 3,6 m + 0,50 m = 4,1 m.

**b. Tesouras**

(1) Comprimento do pavilhão: L

(2) Distância entre as tesouras: 3,00 m

(3) Quantidade de tesouras: L/3 + 1

(4) As tesouras se assentam sobre as vigas, alinhadas com os pilares

(5) Madeiras da tesoura.

| PEÇA DA TESOURA | VÃO | | |
|---|---|---|---|
| | 6 m | 8 m | 10 m |
| Linha | 6 x 12 | 6 x 16 | 6 x 16 |
| Perna | 6 x 16 | 6 x 16 | 6 x 16 |
| Mão-francesa | 6 x 12 | 6 x 12 | 6 x 12 |
| Pendural | 6 x 12 | 6 x 12 | 6 x 16 |
| Tirante | 6 x 12 | 6 x 12 | 6 x 12 |

**c. Cumeeira, Terças e Frechais** (0,08 x 0,15 x 3,20) . 5 (L + 1)/3,2

(1) Foi considerado um telhado com 5 linhas de terças (uma cumeeira, dois frechais e duas terças).

(2) Comprimento do pavilhão: L + 1 (excesso de 0,5 m de cada lado do pavilhão)

(3) Quantidade de terças por linha; (L + 1)/3,20

(4) Quantidade de linha de terça: 5

(5) Quantidade total de terças: 5 (L + 1)/3,20

(6) As terças se apoiam sobre as tesouras e recebem os caibros.

(7) O espaçamento entre a cumeeira e a terça, entre esta e o frechal ou entre terças não deve ser superior a 2,0 m.

**d. Caibro** (0,06 x 0,08 x 4,50) . 4 L + 6

(1) Distância entre caibros: 0,50 m

(2) Comprimento do pavilhão: L

(3) Quantidade de caibros por meia-água: 2 L + 1

(4) Quantidade de caibros por pavilhão: 2 (2L + 1) = 4 L + 2

(5) como há necessidade do telhado exceder o comprimento normal do pavilhão em 0,50 m em cada extremidade, acrescentamos mais 4 caibros (2 por extremidade), ficando a fórmula; 4 L + 6.

(6) Como o telhado do projeto-tipo tem 4,9 m de comprimento, incluindo o beiral, e o caibro mede 4,50 de comprimento, há uma sobra de 0,40 m por caibro.

(7) Os caibros se apoiam nas terças e recebem as ripas.

**e. Ripas** (0,015 x 0,05 x 5,50) .(L + 1)/ 5,5 X 30

(1) Espaçamento entre as ripas: 0,3 m

(2) Comprimento do pavilhão: L + 1 (as ripas devem exceder em 0,50 m de cada lado do pavilhão).

(3) Quantidade de linhas de ripas por meia água: 4,1/0,3 + 1 = 15

(4) Quantidade total de linhas de ripas: 15 x 2 = 30

(5) Quantidade de ripas por pavilhão: (L + 1)/5,5 x 30

(6) As ripas se assentam sobre os caibros e recebem as telhas.

**Observações:**

**a.** Acrescentar aos totais calculados nas fórmulas acima mais 10%, a fim de proporcionar maior flexibilidade.

**b.** Para pavilhões ou peças com dimensões diferentes das que deram origem às fórmulas acima, seguir o mesmo raciocínio para deduzir os novos valores.

## ARTIGO III

## CÁLCULO DE MÓDULOS

### 9-7. GENERALIDADES

**a.** O cálculo do número de módulos padronizados de 36 metros quadrados (6x6 metros), baseia-se na área necessária das edificações de diversos tipos que irão abrigar pessoal ou material nos acantonamentos da tropa.

**b.** Um acantonamento é, normalmente, composto das seguintes áreas:
(1) área de circulação de pessoal;
(2) área de circulação de viaturas;
(3) áreas de estacionamento de viaturas;
(4) área de instrução; e
(5) área edificada.

**a.** Para o cálculo da área edificada é necessário conhecer o efetivo da tropa a abrigar e sua organização até a fração pelotão ou seção.

### 9-8. USO DE TABELAS

**a.** A Tab 9-1. Instalações Moduladas para Tropa - apresenta uma base para o cálculo da área edificada conforme o efetivo da tropa a ser abrigada.

**b.** Chamando “Q” o coeficiente dado pela coluna “Base para o cálculo” teremos:

Nr Módulos = ( Efetivo considerado x Q)/Área do módulo padrão

**c.** Quando houver edificações já construídas no local escolhido para a acantonamento, em condições de utilização, haverá uma redução na área de construção necessária. Nesse caso, a área disponível atenderá ao seguinte efetivo:
(1) Efetivo atendido: Área disponível/Q
(2) Esse efetivo já atendido por construções existentes, será abatido do efetivo total a ser abrigado para obter-se o número de módulos necessários a serem construídos.

**d.** Nos cálculos relativos ao número de módulos devemos fazer as aproximações para mais.

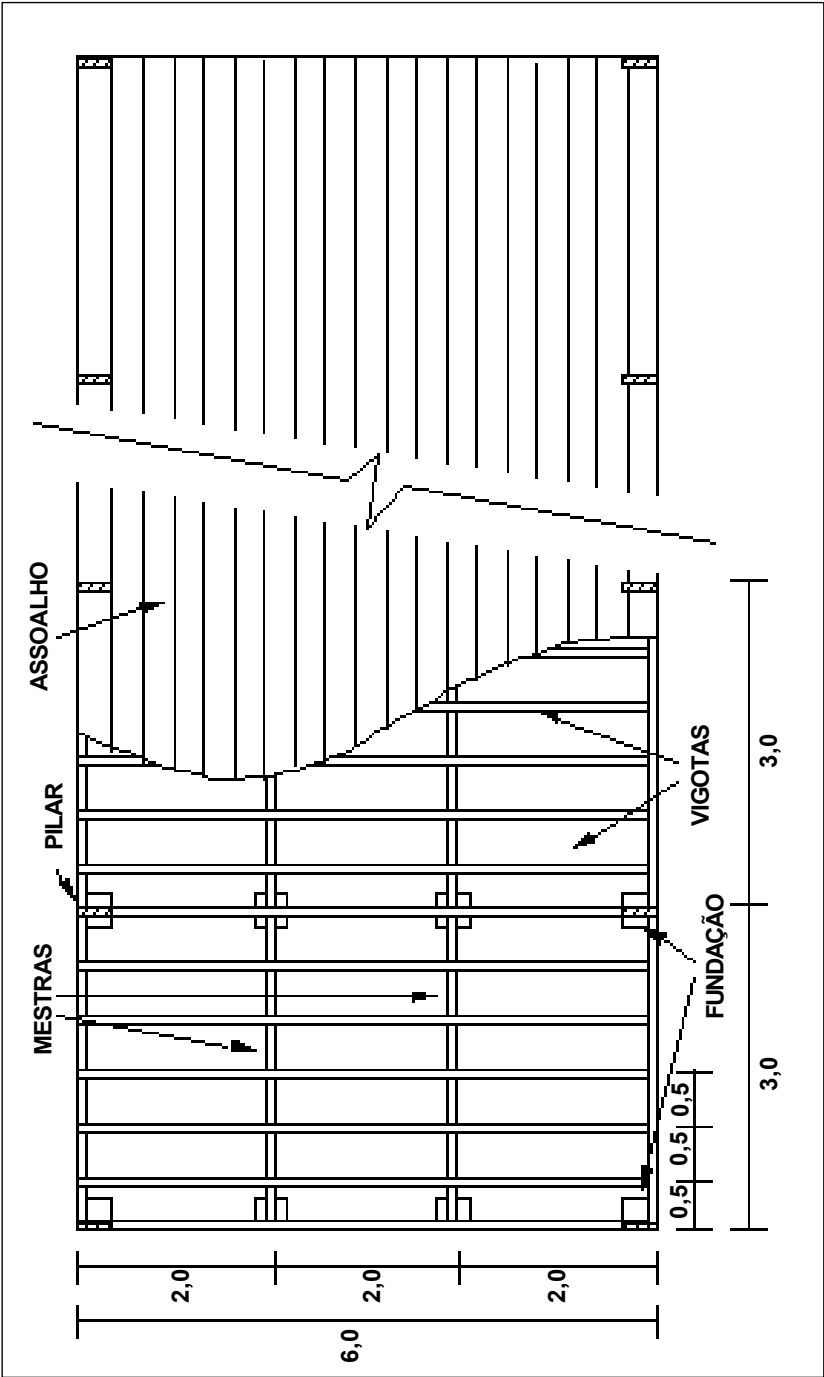



Fig 9-2. Pavilhão de 6,00 x N metros - PLANTA

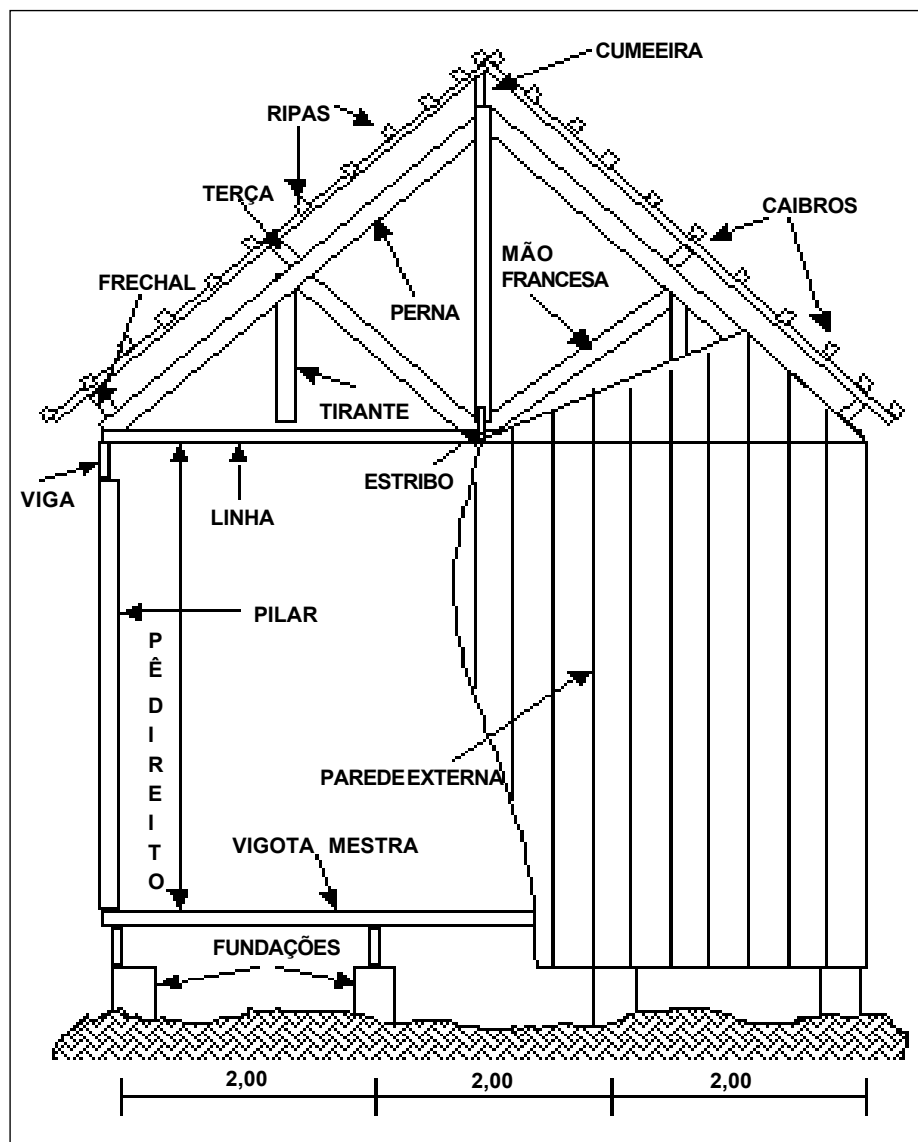



Fig 9-3. Pavilhão de 6,00 x N metros - VISTA FRONTAL

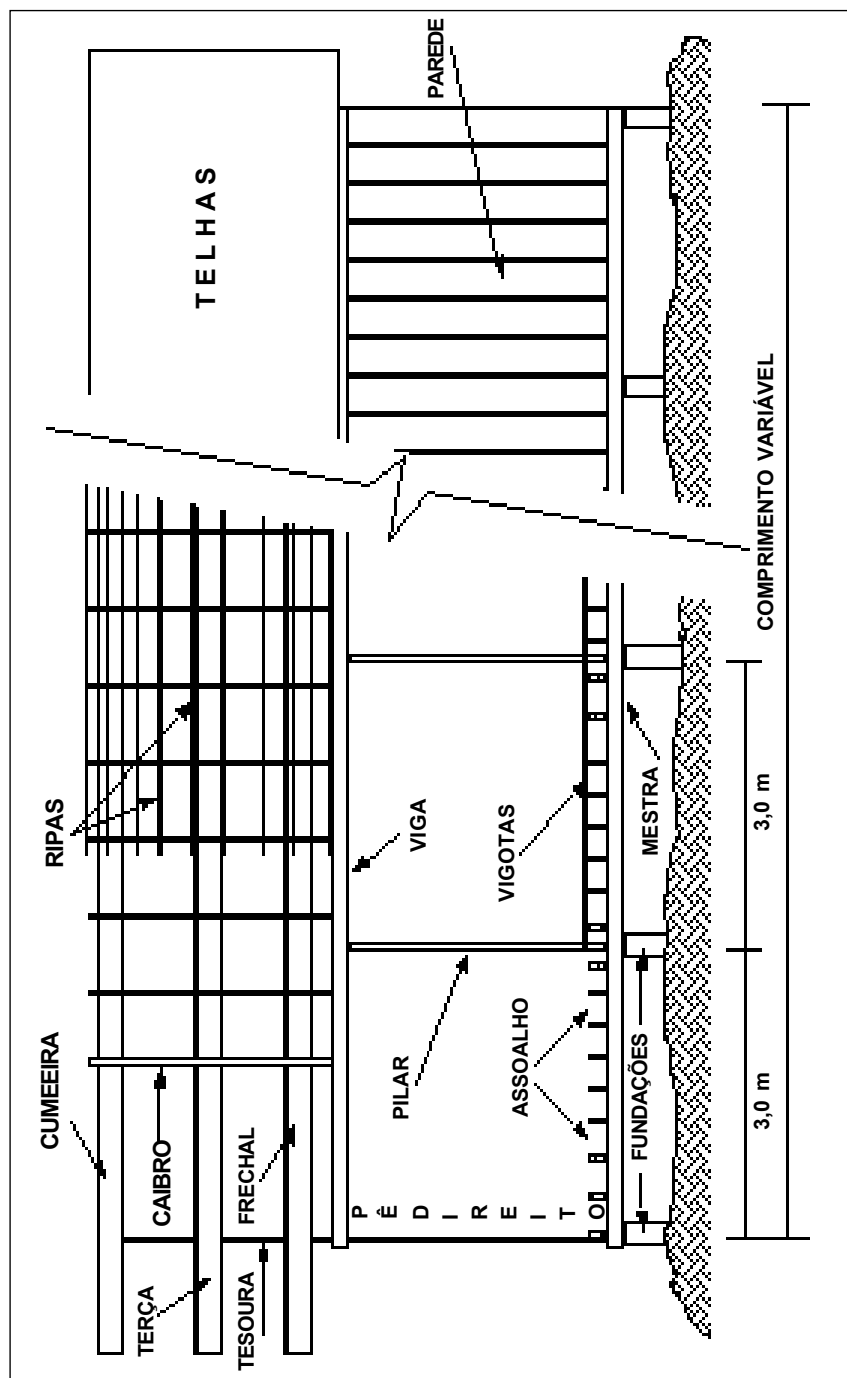



Fig 9-4. Pavilhão de 6,00 x N metros - VISTA LATERAL

| DISCRIMINAÇÃO | MÓDULOS | PAVIMENTAÇÃO | BASE PARA O CÁLCULO = 0 | OBSERVAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| ALOJAMENTO Pr | - | madeira | 4,0 $m^2$/h / 14 $m^3$/h | c/ cama e armário simples/duplo |
| ALOJAMENTO Of | - | madeira | 5,0 $m^2$/h / 21 $m^3$/h | c/ cama e armário simples/duplo |
| BANHEIRO Pr | - | lavável | 1 mod/100h | c/ 5 VS + 5 Lv + 10 Ch |
| BANHEIRO Of | - | lavável | ½ mod/20 h | c/ 2 VS + 2 Lv + 2 Ch |
| Cmdo-Adm DE Bda | - | madeira | 6 mod p/ Bda | Cmt + EM + S Reunião |
| Cmdo-Adm DE Btl | - | madeira | 5 mod p/ Btl | Cmt + EM + S Reunião |
| Cmdo-Adm DE Cia | - | madeira | 2 ½ mod p/ Cia | Cmt + ST + Sgtte + S Instr |
| COPA-COZINHA Of (Sgt) | - | lavável | ½ mod/50 h | não inclui refeitório |
| COPA-COZINHA Pr | - | lavável | mod / SU | não inclui refeitório |
| REFEITÓRIO Of (Sgt) | - | madeira | 1,5 $m^2$/h / 5 $m^3$/h | mesas para 6 h / 12 h c/ banco |
| REFEITÓRIO Cb-Sd | - | madeira | 1,0 $m^2$/h / 3 $m^3$/h | mesas para 42 h c/ banco |
| RECREAÇÃO Of (Sgt) | - | madeira | 1 mod/Cia ou 3 mod/Btl | reversível com S Instr |
| RECREAÇÃO Cb-Sd | - | madeira | 2 mod/Cia ou 6 mod/Btl | reversível com S Instr |
| FORMAÇÃO SANITÁRIA | - | lavável | 2 mod/Btl | Me+Dent+Farmácia+S Curativos |
| ENFERMARIA Pr | - | lavável | 6,0 $m^2$/h (p/10% do efetivo) | c/ cama e armário simples |
| DEPÓSITO DE GÊNEROS | - | lavável | 0,0020 $m^2$/h/dia | c/ refrigeração |
| ALMOXARIFADO | - | madeira | 0,0075 $m^2$/h/dia | c/ piso de uso |
| CORPO DA GUARDA | - | madeira | 2 mod p/ Btl e 1 mod p/ Cia | exceto xadrez |
| XADREZ (CELAS) | - | madeira | 6,0 $m^2$/h p/ 1% do efetivo Pr | 6 celas c/ Vs por módulo |
| CANTINA E BARBEARIA | - | madeira | 2 mod/Cia ou 6 mod/Btl | inclusive 2 Lv por pavilhão |
| BAIAS P/ ANIMAIS | - | terra | 7,0 $m^2$/animal | baias fechadas de 9 m x 5 m |

Tab 9-1. Instalações moduladas para tropa

# CAPÍTULO 10

## OUTRAS INSTALAÇÕES

### 10-1. INTRODUÇÃO

**a.** São instalações provisórias que, normalmente, são feitas na Z Cmb, utilizando-se barracas, recursos locais e aproveitando-se das condições do terreno. São elas:

(1) paióis.
(2) centrais de tratamento de água.
(3) centrais telefônicas.
(4) postos rádio.

**b.** Dependendo da duração do combate serão classificadas como instalações semi-permanentes.

### 10-2. PAIOL

**a.** Construção destinada à armazenagem de munições, proporcionando boas condições de conservação e segurança.

**b.** Deve ser localizado em terreno firme, seco e não sujeito a inundações. De preferência, afastado de rodovias, ferrovias, habitações e linhas de distribuição de energia elétrica.

**c.** O paiol deve ser de fácil localização, através de vias de transporte que, em princípio, serão de uso privativo.

**d.** As munições, segundo o risco que oferecem, são distribuídas em 12 (doze) classes. A cada classe corresponde uma tabela de distância de segurança, conforme o que regula o MANUAL TÉCNICO T 9-1903 - ARMAZENAMENTO, CONSERVAÇÃO, TRANSPORTE E DESTRUIÇÃO DE MUNIÇÃO, EXPLOSIVOS E ARTIFÍCIOS. Simplificando as tabelas do T 9-1903, assegurando a proteção pessoal e material nas proximidades do paiol e diminuindo os danos causados por um possível acidente, podem ser observadas as distâncias da Tab 10-1.

| Peso do Material Explosivo (Kg) | Distância de Segurança em metros |
|---|---|
| 0 a 170 | 192 |
| 170 a 1350 | 390 |
| 1350 a 13620 | 678 |
| 13620 a 36320 | 1017 |
| 36320 a 56750 | 1101 |
| 56750 a 113500 | 1293 |

Tab 10-1

**e.** As dimensões do paiol serão determinadas em função do material a estocar. A área do depósito de munições deverá ser protegida por pára-raios.

**f.** Para aumentar a segurança é conveniente manter um reservatório de água próximo ao paiol, para um possível combate contra incêndio. Devem ser construídas cercas de arame farpado ou tela que, de acordo com as condições locais, dificultem o acesso de elementos estranhos, facilitando o controle.

## 10-3. CENTRAL DE TRATAMENTO DE ÁGUA

**a.** As fontes de água aproveitadas para fins militares são chamadas de pontos de água. Quando as tropas estão em combate, normalmente, não há tempo para que seja escolhida a melhor fonte de água. Assim, as unidades encarregadas do suprimento de água exploram as fontes que estiveram mais acessíveis. Em caso de permanência maior no ponto de suprimento de água, há necessidade de melhoria do local e das instalações.

**b.** A Central de Tratamento de Água sugerida a partir da melhoria de um ponto de suprimento de água é constituída das seguintes instalações:

(1) pré-tratamento;
(2) filtragem;
(3) armazenagem;
(4) depósito de Produtos Químicos;
(5) alojamento; e
(6) estacionamento.

**c.** A central deve estar localizada, se possível, em estradas transversais, evitando-se as estradas principais de suprimento (EPS). A capacidade de suporte das estradas deve ser suficiente para resistir à mais pesada viatura sob todas as condições de tempo .

**d. Pré-tratamento** - Instalação destinada à colocação de tanques de água retirada da fonte para decantação de partículas grandes, como folhas e areia em suspensão. Deve ser localizada próximo ao local de coleta da água e com dimensões determinadas de acordo com o número de tanques de pré-tratamento (Tab 10-2).

| Número de tanques de Pré-tratamento | Dimensões da Instalação em metros |
|---|---|
| 01 | 4,00 x 4,00 |
| 02 | 4,00 x 8,00 |
| 03 a 04 | 8,00 x 8,00 |
| 05 | 8,00 x 9,00 |
| 06 | 9,00 x 9,00 |

Tab 10-2

**e. Filtragem** - Instalação destinada à purificação da água através de filtros. Localizada, preferencialmente, em terreno mais baixo do que o da instalação de pré-tratamento, a fim de utilizar-se da força da gravidade para a transferência da água do tanque de pré-tratamento para o tanque de filtragem. Contém tanques com água pré-tratada, filtros e bombas d’água (para o processo de filtragem). A quantidade de tanques é igual ao número de filtros. Suas dimensões são determinadas pela quantidade de filtros utilizados no processo (Tab 10-3).

| Número de Filtros | Dimensões da Instalação em metros |
|---|---|
| 01 | 4,00 x 5,50 |
| 02 | 5,00 x 8,00 |
| 03 | 8,50 x 8,50 |
| 04 | 9,00 x 9,00 |
| 05 | 9,50 x 9,50 |

Tab 10-3

**f. Armazenagem** - Instalação destinada ao depósito da água tratada, em condições de ser consumida. Deve ser acessível, tanto aos veículos, como para o pessoal. Suas dimensões são idênticas às de pré-tratamento, de acordo com o número de tanques.

**g. Depósito de Produtos Químicos** - Há necessidade de armazenar os produtos químicos em outro local que não o da filtragem, para protegê-los, principalmente, da umidade. Suas dimensões são de 3,50m x 3,00m, podendo variar de acordo com o volume de produtos químicos. Deve estar localizado próximo à instalação de filtragem, a fim de facilitar o transporte dos produtos para utilização.

**h. Alojamento** - Normalmente, a área de acampamento da tropa fica afastada da fonte de água e o volume de água exigido é muito grande, não permitindo a interrupção do processo. Assim, é necessário que o pessoal especializado no tratamento de água fique alojado próximo à Central de Tratamento. Suas dimensões são de 4,50m x 4,00m, ou o suficiente para alojar o efetivo necessário.

**i. Estacionamento** - Área destinada às viaturas que venham se abastecer de água. Deve ter espaço para manobra e estacionamento para as que aguardam o abastecimento. Suas dimensões mínimas são 15,00m x 15,00m, podendo aumentar de acordo com as possibilidades do terreno.

## 10-4. CENTRAL TELEFÔNICA

**a.** Destinada à colocação de equipamentos de comunicações necessários à operação de uma ou várias centrais telefônicas. Constituída de uma única instalação, é dividida em dois cômodos: área de operação dos equipamentos e alojamento. Suas dimensões dependem do número de equipamentos e do efetivo necessário à operação (Tab 10-4).

| Número de equipamentos | Efetivo para operação dos equipamentos | Dimensões da área de operação dos equipamentos em metros | Alojamento |
|---|---|---|---|
| 01 | 03 | 3,00 x 3,00 | 3,00 x 3,00 |
| 02 a 04 | 06 a 12 | 4,00 x 4,50 | 5,00 x 4,50 |
| 05 | 15 | 4,50 x 4,50 | 5,50 x 6,00 |

Tab 10-4

**b.** A localização da Central Telefônica deve satisfazer às seguintes condições:

(1) no perímetro do PC do escalão considerado;
(2) em local coberto e abrigado;
(3) local de fácil acesso para os circuitos de chegada;
(4) afastada de ruídos e interferências eletromagnéticas; e
(5) próxima ao Centro de Mensagens.

## 10-5. POSTO RÁDIO

**a.** Instalação destinada à operação de equipamentos rádio. Constituída de dois cômodos: área de operação dos equipamentos e alojamento. Suas dimensões dependem do número de equipamentos e do efetivo necessário à operação (Tab 10-5).

| Número de equipamentos | Efetivo para operação dos equipamentos | Dimensões da área de operação dos equipamentos em metros | Alojamento |
|---|---|---|---|
| 01 | 03 | 3,00 x 3,00 | 3,00 x 3,00 |
| 02 a 04 | 06 a 12 | 4,00 x 4,50 | 5,00 x 4,50 |
| 05 | 15 | 4,50 x 4,50 | 5,50 x 6,00 |

Tab 10-5

**b.** As antenas do Posto Rádio devem estar afastadas dos equipamentos rádio, para aumentar a segurança.

# CAPÍTULO 11

# MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

## ARTIGO I

## AGLOMERANTES

### 11-1. CONCEITOS BÁSICOS

**a. Aglomerante** - é o elemento ativo, pulverulento, que entra na composição das pastas, argamassas e concretos.

**b. Pasta** - é uma mistura íntima de aglomerante e água que endurece por simples secagem ou, o que é mais comum, em virtude de reações químicas.

**c. Argamassa** - é a mistura da pasta com agregado miúdo.

**d. Concreto** - é a mistura da pasta com agregados miúdo e graúdo.

**e. Agregado** - é um material granuloso e inerte, convenientemente graduado, que entra na composição de argamassas e concretos. A adição de agregado à pasta visa a economia do aglomerante, que é oneroso, e atenuar os efeitos nocivos da retração, causada pelo endurecimento da pasta.

### 11-2. TIPOS DE AGLOMERANTES

**a.** Existem os seguintes tipos de aglomerantes, empregados na construção civil:

(1) cal aérea;
(2) cal hidráulica;
(3) cal hidratada;
(4) cimento natural; e
(5) cimento portland.

## 11-3. CAL AÉREA

**a. Definições:**

(1) Cal: É o produto da calcinação de pedras calcárias, a uma temperatura inferior a do início de fusão.

(2) Pedras calcárias: São rochas cujo constituinte principal é o carbonato de cálcio (CaCO3).

(3) Em determinadas pedras calcárias o carbonato de cálcio pode estar mais ou menos substituído pelo carbonato de magnésio (MgCO3).

**b.** Utilização da cal aérea: a cal aérea pode ser empregada nas seguintes situações:

(1) em argamassas simples ou mistas para alvenaria e revestimentos que estejam devidamente protegidos da água (umidade) ou que recebam adição de componentes argilosos (pozolanas) que tornam a cal aérea resistente à presença da água;

(2) em adição no concreto a fim de reduzir sua permeabilidade e aumentar sua trabalhabilidade;

(3) na indústria, para fabricação de tijolos refratários, tratamento d'água, adubos, siderurgia (fundente) e indústria de vidro;

(4) na execução de serviços de forros, e outras utilizações na forma de gesso, no interior das construções.

## 11-4. CAL HIDRÁULICA

Definição: a cal hidráulica é o produto resultante do cozimento de calcários mais ou menos argilosos, a uma temperatura inferior a de início de fusão, e da subsequente pulverização por extinção, seguida ou não de moagem.

## 11-5. CAL HIDRATADA

Definição: a cal hidratada é a cal que é fornecida pela indústria já hidratada (extinta) de forma mecânica e de emprego imediato. Pode ser acondicionada em sacos de papel, em embalagens de 8 a 40 Kg. É a cal de uso comercial e sua utilização normalmente é fornecida pelo fabricante na embalagem.

## 11-6. CIMENTO NATURAL

**a. Definição** - o cimento natural é o produto que resulta do cozimento seguido de moagem de calcários argilosos. Difere da cal hidráulica por não ter cal livre.

**b. Resistência mecânica** - pela falta de uniformidade na composição do calcário de origem, a resistência do cimento natural é bastante baixa e variável (cerca de 1/2 a 1/3 da do cimento portland), o que restringe seu emprego a obras de pequena importância.

## 11-7. CIMENTO PORTLAND

**a. Cimento Portland Comum** - é o aglomerante obtido pela pulverização do clinquer (moagem em moinho de bolas) juntamente com gesso ou outros materiais que retardam o endurecimento do pó resultante ao contato com a umidade do ar.

**b. Clinquer** - é o resultado da calcinação (cozimento) até a fusão incipiente de outros componentes, como cinza volante e escória de alto forno, que alteram as características do cimento portland comum, conferindo-lhe determinadas propriedades específicas, tais como, um endurecimento mais lento, maior impermeabilidade, menor calor de hidratação, resistência às águas agressivas, ou simplesmente por medidas econômicas, por exemplo, aproveitando um resíduo barato sem prejuízo de técnica usual, como é o caso de escória de alto forno.

**c. Escória de alto forno** - é um subproduto da fabricação do gusa, resultante da combinação dos componentes argilosos presentes na ganga do minério de ferro (sílica e alumina) com a cal empregada como fundente, ou seja, os mesmos óxidos que se encontram no cimento portland.

**d. Designações** - Os cimentos portland, de acordo com as revisões das especificações brasileiras realizadas pela ABNT em 1991, passaram a ter as seguintes designações:

(1) Cimento portland comum:
- (a) CP I : cimento portland comum
- (b) CP I - S : cimento portland comum com adição

(2) Cimento portland composto:
- (a) CP II - E: Cimento portland composto com escória
- (b) CP II - Z: Cimento portland composto com pozolana
- (c) CP II - F: Cimento portland composto com filler

(3) Cimento portland de alto forno:
- CP III

(4) Cimento portland pozolâmico:
- CP IV

(5) Cimento portland de alta resistência inicial:
- CP V - ARI

## 11-8. ARMAZENAMENTO DO CIMENTO ENSACADO

**a. Introdução** - o cimento, ao sair da fábrica acondicionado em sacos de várias folhas de papel impermeável, apresenta-se finamente pulverizado e praticamente seco, assim devendo ser conservado até o momento de sua utilização.

**b. Armazenamento por curtos períodos de tempo** - Quando o intervalo de tempo decorrido entre a fabricação e a utilização não é demasiado grande, a proteção oferecida pelo invólucro original é, em geral, suficiente.

**c. Armazenamento por longos períodos de tempo** - Quando, ao contrário, é longo o período de armazenamento, precauções suplementares

devem ser tomadas para que a integridade das características iniciais do aglomerante sejam preservadas.

## 11-9. CAUSAS DA DETERIORAÇÃO DO CIMENTO

**a. Umidade -** A principal causa da deterioração do cimento é a umidade que, por ser absorvida, hidrata-o pouco a pouco, reduzindo-lhe sensivelmente a atividade.

**b. O cimento hidratado é facilmente reconhecível** - Ao esfregá-lo entre os dedos sente-se que não está finamente pulverizado, constata-se, mesmo freqüentemente, a presença de torrões e pedras que caracterizam fases mais adiantadas de hidratação. O cimento pouco afetado pela umidade pode ainda ser utilizado em pequenos serviços para os quais não sejam requeridos concretos de grande resistência, devendo ser, neste caso, peneirado em malha de pequena abertura, que permita a eliminação da parte mais atingida.

**c.** Em obras de maior responsabilidade é indispensável, entretanto, que os cimentos, apresentando o mais leve indício de hidratação, não sejam empregados senão após exame cuidadoso em laboratório, que melhor poderá avaliar a conveniência ou não de seu aproveitamento, indicando em caso afirmativo, as medidas acauteladoras a serem tomadas.

**d.** Para armazenar cimento é preciso, pois, em primeiro lugar, preservá-lo, tanto quanto possível, de ambientes úmidos.

**e. Altura do Empilhamento** - Mesmo quando preservado de ambientes úmidos, o cimento ainda é passível de hidratar-se se for guardado por longo tempo em pilhas de altura excessiva. Isto porque ele nunca se apresenta completamente seco e a pressão elevada a que ficam sujeitos os sacos das camadas inferiores reduz os vazios, forçando um contato mais intenso entre as partículas do aglomerante e a umidade existente. Teores de umidade, que normalmente não chegariam a prejudicar o cimento, tornam-se então responsáveis por sua deterioração. Outra precaução necessária consiste , portanto em limitar a altura das pilhas de sacos.

**f.** Para evitar essas duas principais causas de deterioração do cimento, quando há necessidade de armazená-lo por longo tempo, é aconselhável a construção de um galpão coberto e bem arejado, onde o cimento deverá ser colocado sobre estrados de madeira com 30 cm de altura e afastados 30 cm das paredes, em pilhas normais de 8 sacos e, excepcionalmente, de 15 sacos.

## ARTIGO II

## AGREGADOS

### 11-10. DEFINIÇÃO

O agregado constitui o material granuloso e inerte que entra na composição das argamassas e dos concretos. Desempenhando uma função econômica de máxima importância, pois, geralmente, é o elemento de custo mais baixo por unidade de volume no concreto, o agregado atua de forma decisiva no incremento de certas propriedades, tais como: a redução da retração (bastante grande na pasta de cimento) e aumento de resistência ao desgaste.

### 11-11. CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS

**a. Quanto a origem**

(1) Naturais - são aqueles que já são encontrados na natureza sob a forma de agregado: areia de mina, areia de rios, seixos rolados, pedregulhos, etc.

(2) Artificiais - são aqueles que necessitam ser trabalhados para chegarem a condição necessária e apropriada para seu uso: areia artificial, brita, etc.

**b. Quanto às dimensões** - quanto as dimensões, os agregados são classificados em miúdos e graúdos. Recebem entretanto, denominações especiais que caracterizam certos grupos, como: filler, areia, pedrisco, seixo rolado e brita.

(1) Agregado miúdo é a areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira nº 4 (4,8 mm) da ABNT e ficam retidos na peneira nº 200 (0,075 mm) (NBR 7211).

(2) Agregado graúdo é o pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 m e ficam retidos na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm).

(3) Filler é o material que passa na peneira ABNT nº 200 (0,075 mm).

(4) Areia é o material encontrado em estado natural, passando na peneira ABNT nº 4 (4,8mm).

(5) Pedrisco, também chamado areia artificial, é o material obtido por fragmentação de rocha, passando na peneira ABNT de abertura de 9,5 mm (brita zero).

(6) Seixo rolado é o material encontrado fragmentado na natureza, quer no fundo do leito dos rios quer em jazidas, retido na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm).

(7) Brita é o material obtido por trituração de rocha e retido na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm).

**c. Por razões comerciais, classificam-se as britas em**

(1) brita zero .................. 4,8 a 9,5 mm
(2) brita 1 ....................... 9,5 a 11,0 mm
(3) brita 2 ....................... 11,0 a 25,0 mm
(4) brita 3 ....................... 25,0 a 38,0 mm
(5) brita 4 ....................... 38,0 a 76,0 mm
(6) pedra de mão ........... > 76,0 mm

**d. Finalidade dos agregados nas argamassas e nos concretos**

(1) aumentar o volume da pasta, obtendo-se grande quantidade de material plástico estrutural a baixo custo;

(2) aumentar a resistência mecânica do material resultante da mistura da pasta com agregados de resistência superior;

(3) permite maior resistência ao desgaste por abrasão.

## 11-12. OBTENÇÃO DOS AGREGADOS NATURAIS

**a.** Como já foi dito, naturais são aqueles agregados que encontramos na natureza prontos para serem utilizados. Alguns necessitarão apenas de um rápido processamento de lavagem e classificação, o que não os exclui dessa categoria.

**b.** Dessa forma, cabe ao tecnologista encontrar agregados na região onde vai se instalar a obra, para o qual uma pesquisa das jazidas disponíveis é fundamental.

**c.** A areia e o pedregulho são provenientes da erosão, transporte e deposição de detritos da desagregação de rochas realizadas pelos agentes do intemperismo, tanto de origem física (variação de temperatura) como química (soluções ácidas ou básicas sobre os elementos mineralógicos).

**d.** Com relação a origem geológica, as jazidas classificam-se, conforme seus depósitos, em:

(1) residuais - que são os depósitos encontrados nas proximidades da rocha matriz. Possuem em geral, boa granulometria, porém, grande quantidade de impurezas;

(2) eólicos - são depósitos de material muito fino, com má granulometria, porém, com grande pureza; são formados pela ação dos ventos (dunas);

(3) aluviais - formados pela ação transportadora das águas, podendo ser estes fluviais ou marítimos. Os marítimos, em geral, apresentam má granulometria, enquanto que os fluviais são, normalmente, os melhores agregados encontrados na natureza.

**e. Quanto ao tipo de jazida, temos que considerar a divisão:**

(1) bancos - quando a jazida se forma acima do leito do terreno;
(2) minas - quando formada em subterrâneo;
(3) jazida de rio - que podem formar-se no leito e nas margens;
(4) jazida de mar - praias e fundo do mar.

**f.** Para facilitar a localização de uma jazida de rio (areia ou pedregulho) podemos adotar a seguinte regra prática:

(1) quando na sondagem se constatar material fino no rio, sabe-se que a jusante não deve haver areia ou pedregulho;

(2) areia ou pedregulho no leito atual do rio indicam que há material análogo no vale, caso este se estenda em planície;

(3) areia e pedregulho podem ser encontrados no ponto em que o rio se alarga reduzindo sua velocidade;

(4) quando um rio que tem capacidade para transportar areia e pedregulho desemboca em outro de menor velocidade aí há depósito desses materiais.

## 11-13. OBTENÇÃO DOS AGREGADOS ARTIFICIAIS

**a.** Agregados artificiais são os obtidos através da redução do tamanho de pedras grandes, geralmente por trituração, em equipamentos mecânicos (britadores).

**b.** O processamento necessário para transformar o material de uma determinada jazida em agregado de qualidade satisfatória, para uso em concreto, pode ser simples ou complexo, a depender de uma série de fatores. A escolha do equipamento e do "lay - out" das instalações de britamento e peneiramento é elemento de máxima importância para a obtenção do agregado conveniente a custos mais reduzidos.

**c.** Numa instalação para exploração de pedreiras, é da mais alta importância a escolha criteriosa dos britadores.

**d.** Assim, a seleção dos tipos deve ser efetuada por um elemento de grande experiência, que possa analisar, "a priori", o comportamento daquele material nos diversos tipos de britadores. Contudo, mesmo contando com a experiência adquirida, no passado, o tecnologista deve proceder a ensaios prévios com o material, fazendo-o passar por britadores diversos e verificando quais aqueles que produzem o melhor agregado final.

**e.** Um fator de grande importância a ser considerado nesta fase é o que diz respeito à granulometria. Certos materiais têm a tendência de produzir granulometrias uniformes, quando se utilizam britadores inadequados. É possível que, pela utilização de britador inadequado, fique-se com o material necessário dentro de uma faixa granulométrica determinada, o que poderá prejudicar enormemente o concreto.

**f.** As rochas mais utilizadas no Brasil para produção de agregados artificiais (brita) são o gnaisse, o basalto, o granito e o calcário.

**g.** Ao adquirirmos o material no mercado, devemos proceder aos ensaios necessários para avaliar a sua resistência mecânica, o teor de impurezas, forma dos grãos e, principalmente, a sua granulometria.

## ARTIGO III

## ARGAMASSAS

### 11-14. INTRODUÇÃO

**a.** Dá-se o nome de pasta à mistura de um aglomerante mais água.

**b.** Quando se coloca água em excesso na pasta, temos um produto denominado nata.

**c.** Misturando-se agregado miúdo à pasta, obtemos uma argamassa.

**d.** As argamassas são imprescindíveis para a elevação de alvenarias, revestimentos de pisos, paredes e tetos, colocação de azulejos, de tacos e de ladrilhos e outros trabalhos que integram a construção.

**e.** Endurecimento das argamassas se dá por processos químicos que variam de acordo com o tipo de aglomerante usado.

### 11-15. COMPONENTES

**a.** As argamassas são compostas por materiais aglutinantes ou ativos e por materiais inertes.

**b.** Os materiais aglutinantes ou ativos são:
(1) cimento;
(2) cal hidráulica;
(3) cal aérea (pouco utilizada atualmente).

**c.** Ao falarmos de cal estaremos nos referindo à cal hidráulica totalmente extinta (cal hidratada).

**d.** Os materiais inertes são:
(1) areia: atenua os efeitos expansivos que aparecem com a carbonatação da cal e aumenta a porosidade do conjunto facilitando a penetração de CO e a solidificação do material, no caso de argamassa de cal; barateia o produto no caso de argamassas em geral; deve ser limpa e atender à granulometria recomendada;
(2) saibro: material argiloso que tem a finalidade de diminuir a quantidade de aglomerante na mistura;
(3) água: deve ser isenta de elementos prejudiciais às reações entre ela e o aglutinante. A água potável é considerada de boa qualidade para o preparo das argamassas.

### 11-16. PREPARO DAS ARGAMASSAS

**a.** A boa qualidade e resistência da argamassa dependem não apenas dos constituintes, mas também de como é preparada.

**b.** Semelhante ao concreto, a argamassa são preparadas manual ou mecanicamente.

**c.** No preparo mecânico utiliza-se betoneira, que proporciona mistura de melhor qualidade em menor tempo. Na construção de pequenas residências, raramente dispomos desse equipamento.

**d.** Para o preparo manual, normalmente em pequenas construções, procede-se assim:

(1) com uma padiola, uma lata ou um balde, medem-se as quantidades de cimento, areia, saibro ou cal, nas proporções indicadas no traço e coloca-se tudo sobre a plataforma e mistura-se a seco até obter uma coloração uniforme.

(2) faz-se um buraco no centro dessa massa, bem misturada e adiciona-se água, pouco a pouco, mexendo sempre, até que alcancemos a consistência desejada, sem excesso de água. Nas plataformas impermeáveis deve-se tomar o cuidado para não permitir o escoamento da água de amassamento.

**e.** A argamassa preparada com cimento deve ser empregada imediatamente, pois o cimento tem sua pega iniciada, aproximadamente, dentro de uma hora.

## ARTIGO IV

## CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

### 11-17. DEFINIÇÃO

**a.** Concreto de cimento portland é uma massa plástica capaz de assumir a forma do recipiente em que for colocada e que após algumas horas endurece, adquirindo grande resistência mecânica, sendo própria para uso em estruturas de construção.

**b.** Concreto endurecido apresenta grande resistência à compressão e pouca resistência à tração, sendo necessário usar armadura (aço) nas superfícies em que estiver sujeito a este esforço, donde surgiu o concreto armado.

**c.** Graças a capacidade do concreto moldar-se na forma em que estiver sendo lançado, a sua grande resistência a compressão e a utilização de armadura para suprir sua baixa resistência a tração, o concreto tornou-se o material de construção mais usado em obras no mundo inteiro.

**d.** Sua plasticidade (capacidade de moldar-se à forma) permite que se dê às estruturas de concreto qualquer forma necessária, sendo suas aplicações seguramente ilimitadas.

### 11-18. FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DO CONCRETO

**a.** Diversos são os fatores que afetam a qualidade dos concretos. Veremos, rapidamente, alguns aspectos com respeito a alguns deles que permitirão obtermos uma massa com mais qualidade.

**b. Qualidade dos componentes** - selecionar cuidadosamente quanto a:
(1) tipo e qualidade;
(2) dimensões;
(3) uniformidade.

**c. Proporção correta** - a quantidade de pasta, se insuficiente, não preencherá completamente os vazios dos agregados, prejudicando o conjunto. Quanto à quantidade de água, se utilizada em excesso, além da necessária à hidratação do cimento, ocorrerá evaporação e o aparecimento de vazios, afetando as propriedades físicas e mecânicas do concreto.

**d. Manipulação adequada** – deve-se observar:
(1) homogeneidade da mistura pasta / agregado;
(2) transporte e lançamento nas formas;
(3) cura cuidadosa do concreto.

**e. Transporte do concreto fresco** - o tempo disponível para transporte do concreto fresco está intimamente relacionado com o tempo de “pega” do cimento utilizado na execução do concreto. O início da “pega” dá-se geralmente após uma hora do contato da água com o cimento e o final após duas horas. Somente em casos especiais esses tempos são antecipados ou retardados (adição de aditivos).

**f.** Assim, durante a realização da concretagem, todas as operações, desde o início da mistura até o final do adensamento, devem realizar-se num tempo idealmente menor que o de início da “pega”. O tempo disponível para transporte será de 30 minutos (em condições normais), menos os tempos de mistura e adensamento.

**g. No transporte do concreto são utilizados os sistemas abaixo:**
(1) Sistema de transporte horizontal: carrinho de mão, dumpers, caminhões betoneiras ou basculantes, vagonetas sobre trilhos, balde em cabo horizontal e de fundo falso, etc.
(2) Sistemas de transporte inclinado: calhas, esteiras transportadoras, etc.
(3) Sistemas de transporte vertical: elevadores, gruas, tubos de tremonha, guinchos, guindastes, plataforma de degraus, bomba, ar comprimido, etc.

**h.** O transporte de concreto em tubos de pressão (bombas e ar comprimido) apresenta a desvantagem de ser mais caro que os demais, por exigir maior fluidez do concreto, funcionando o cimento como lubrificante. Só deve ser usado em grandes obras.

**i. Lançamento** - Consiste na operação de colocação do concreto na forma. O lançamento é feito, geralmente, por gravidade e a altura de queda deve ser a menor possível a fim de evitar a separação dos componentes.

**j.** No lançamento de certa altura a armadura deverá ser protegida em sua parte mais alta, pois, suas malhas poderão atuar como peneira, retendo os

agregados maiores, causando a segregação. Além disso, ao ficarem recobertas com argamassa, perderão aderência com o concreto. Usar nestes casos chapas ou funis de madeira ou metálicos para que o concreto deslize sem contato com a armadura.

**k. Adensamento** - É a operação de compactação do concreto dentro das formas. O adensamento deve conseguir que o concreto envolva o aço e tome a forma com o máximo de capacidade e impermeabilidade, sem perda de homogeneidade. A compactação se dá pela eliminação dos vazios que se formam no interior da massa, junto às formas e junto às armaduras.

**l.** A energia necessária ao adensamento cresce com a diminuição da fluidez (plasticidade) do concreto. Concretos secos consomem mais energia. Existem dois tipos de adensamento:

(1) manual; e
(2) mecânico.

**m.** Os sistemas mecânicos mais usados atualmente são os vibradores internos e externos, que permitem o uso de concretos mais secos pela grande energia de compactação que produzem. Os vibradores internos são os conhecidos como "agulha" e são próprios para a concretagem de vigas e pilares. Os vibradores externos são os vibradores de forma, os vibradores de placa, réguas vibratórias e outros. A eficiência dos vibradores baseia-se na redução do coeficiente de atrito entre os componentes da massa durante a movimentação acelerada que os mesmos experimentam por ocasião da vibração.

**n.** processo de adensamento deve ser escolhido levando-se em conta as condições da obra e os recursos disponíveis.

## 11-19. CURA DO CONCRETO

**a.** Compreende os procedimentos adotados com vistas a prolongar as reações de hidratação e endurecimento do cimento e evitar a retração (diminuição do volume pela evaporação d'água), evitando-se assim que cesse a formação de cristais de endurecimento do cimento e por diminuição do volume do concreto que está adendo às formas, submetê-lo a tensões internas que não é capaz de resistir nas primeiras horas, provocando as fissuras.

**b.** A cura em obras correntes é feita pela molhagem do concreto, a qual começa tão logo a água não deixe marcas em sua superfície, devendo prolongar-se por pelo menos sete dias após a concretagem.

**c.** A manutenção de uma cura contínua no concreto mantém sua resistência crescendo continuamente.

## ARTIGO V

## MADEIRAS

### 11-20. GENERALIDADES

**a.** No BRASIL, a madeira é muito utilizada em virtude das vantagens que apresenta, tais como:

(1) abundância na natureza;

(2) elevada resistência mecânica para uma baixa massa específica (densidade);

(3) boa elasticidade;

(4) baixa condutibilidade térmica; e

(5) baixo custo.

**b.** Podemos afirmar que a madeira é o material que apresenta maior resistência à compressão em relação a seu peso.

**c.** A par dessas vantagens, a madeira apresenta as seguintes desvantagens:

(1) higroscopicidade (porosidade): que causa a variação de volume pela absorção de água da umidade ambiente, quando variam umidade e temperatura, variações estas diferentes em duas direções;

(2) heterogeneidade (falta de homogeneidade) da estrutura: manifesta-se por não serem iguais as resistências mecânicas em um sentido e na direção perpendicular, resultando, daí, certas dificuldades na construção.

(3) combustibilidade: é possível tomar certas medidas de proteção, a fim de evitar ou retardar incêndios.

(4) vulnerabilidade à ação de microorganismos inferiores (apodrecimento): sua ação causa a destruição progressiva da madeira. Há certas condições que propiciam o apodrecimento da madeira, como umidade elevada e exposição ao ar (oxigênio).

**d.** A madeira é, então, caracterizada por uma grande variabilidade das características de resistência mecânica, mesmo se tratando de uma mesma espécie. Essa variabilidade depende dos seguintes fatores:

(1) da espécie;

(2) para uma espécie, das condições em que cresce a árvore, isto é, do clima, do solo, etc.;

(3) em uma mesma árvore, da parte da árvore da qual foi extraída a madeira;

(4) da presença de defeitos na madeira.

**e.** Devemos conhecer bem as qualidades e os defeitos, de forma a podermos atenuar seus defeitos e obter o máximo de suas qualidades.

**f.** A madeira é considerada material de construção se não tiver sua estrutura anatômica destruída. Assim, da madeira utilizada na sua forma original (postes, estacas, etc.) até os compensados, considera-se como material de construção.

## 11-21. CLASSIFICAÇÃO

**a. Classificamos as madeira em dois grupos:**

(1) madeiras duras ou de lei; e
(2) madeiras moles ou brancas.

**b. Madeiras duras ou de lei** : são madeiras provenientes da espécie FRONDOSA (folhas achatadas e largas), de ótima qualidade e utilizada principalmente em trabalhos definitivos. São cerca de 1500 espécies úteis, dentre as quais podemos destacar: peroba-do-campo, peroba - rosa, canela, imbuia, jacarandá, sucupira, maçaranduba, aroeira, eucalipto e cedro.

**c. Madeiras moles ou brancas** : são madeiras provenientes de árvores da espécie CONÍFERA (folhas tipo agulhas), empregadas, principalmente, como auxiliar na construção (andaimes, formas, etc.). Existem cerca de 400 espécies, dentre as quais o pinho do PARANÁ e o pinho bravo são as únicas espécies originárias do BRASIL.

## 11-22. CORTE E DESDOBRAMENTO

**a.** O corte das árvores deve ser feito de preferência durante o inverno, quando a vida vegetativa é menos intensa.

**b.** Após a derrubada a tora poderá ser utilizada nas formas abaixo:

(1) roliça;
(2) falquejada; e
(3) desdobrada.

**c. Madeira bruta ou roliça** : é a mais utilizada em construções provisórias, como escoramentos, andaimes, pontes semi permanentes, suporte de caixas d'água, pilares de galpões provisórios, etc. As madeiras roliças mais utilizadas no Brasil são o pinheiro e o eucalipto.

**d.** As peças roliças são obtidas pela derrubada das árvores na época de menor teor de umidade, após a remoção da casca e secagem do tronco em lugar arejado e protegido do sol. As madeiras roliças, que não passam por um período mais ou menos longo de secagem, ficam sujeitas a retrações transversais que provocam rachaduras nas extremidades. Os contraventamentos construídos com madeira verde aparafusada tornam-se inoperantes pela fissuração das extremidades da madeira. As madeiras roliças devem ser utilizadas nas condições de meio-seca ou seca ao ar.

**e. Madeira falquejada** : é obtida diretamente do tronco pela retirada da casca através de um machado, sendo a madeira assim preparada remetida para o desdobramento em serrarias.

**f. Madeira serrada** : é o produto estrutural de madeira mais comum entre nós. O tronco é cortado nas serrarias, em dimensões padronizadas para o comércio, passando depois por um período de secagem.

## 11-23. CORTE

**a.** As árvores devem ser abatidas, de preferência ao atingir a maturidade, ocasião em que o cerne ocupa a maior percentagem do tronco, resultando então madeira de melhor qualidade. O período de tempo necessário para que a árvore atinja maturidade varia entre cinqüenta e cem anos, conforme a espécie.

**b.** A melhor época para o abate é a estação seca, quando o tronco tem pouca umidade. O desdobramento do tronco em peças deve fazer-se o mais cedo possível após o corte da árvore, a fim de evitar defeitos decorrentes da secagem da madeira. Se a árvore for cortada na estação chuvosa, deixam-se secar as toras durante algum tempo, para reduzir o excesso de umidade.

## 11-24. PROCESSOS DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

**a.** Se não pudermos controlar a temperatura e umidade, não poderemos garantir a durabilidade da madeira. Por isso procuramos garantir a durabilidade da madeira por meio de tóxicos que destroem os cogumelos porventura existentes e impedem a sua contaminação posterior.

**b. Processos de preservação**

(1) Pintura com substâncias tóxicas, creosoto, alcatrão, etc.

(2) Imersão em agentes tóxicos, neste caso o preservativo mais usado é o bicloreto de mercúrio (solução 1%).

(3) Impregnação: por pressão em auto-claves e a substância mais empregada é o creosoto.

(4) Carbonização: este processo é muito antigo. Emprega-se nas peças que devem ficar enterradas, como postes, prumos de telheiros, estacas, etc. Consiste em carbonizar (queimar) superficialmente a parte da peça que vai ser enterrada. Destroem-se assim, os organismos e forma-se uma camada contínua de proteção.

# ARTIGO VI

# AÇO DE CONSTRUÇÃO

## 11-25. GENERALIDADES

**a.** O aço é o mais importante dos produtos siderúrgicos. É o produto do refinamento do minério de ferro e sucata, junto com outros agentes como coque e oxigênio, em altos fornos que produzem grandes massas de ferro chamado "gusa".

**b.** Aço para concreto armado : As barras de aço para utilização em concreto armado possuem nervuras transversais, verticais ou inclinadas para melhorar as condições de aderência entre o aço e o concreto.

**c.** Os aços empregados no concreto armado recebem sua nomenclatura em função da tensão de escoamento, em Kg/mm² . Assim, os aços com que lidamos são os CA-25, CA-32, CA-40, CA-50 e CA-60, com tensões de escoamento mínimas iguais a 25,32 ..., 60 Kg/mm².

**e. Bitolas comerciais** - as barras utilizadas como armadura de peça em concreto armado são, normalmente, fornecidas em comprimentos situados entre 10 e 12m, com bitolas padronizadas, em mm, de acordo com a Tab 11-1.

| (mm) | 5 | 6,3 | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 22,5 | 25 | 32 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A ($cm^2$) | 0,196 | 0,312 | 0,503 | 0,785 | 1,23 | 2,01 | 3,14 | 3,87 | 4,91 | 8,04 |

Tab 11-1

# ÍNDICE ALFABÉTICO

## DISTRIBUIÇÃO

### 1. ÓRGÃOS

| | |
|---|---|
| Ministério da Defesa | 02 |
| Gabinete do Comandante do Exército | 01 |
| Estado-Maior do Exército | 10 |
| DGP, DEP, D Log, DEC, SEF, SCT, STI | 01 |
| DEE, DFA, DEPA, | 01 |
| D Sup, D Mnt, D Trnp Mob, DMAvEx | 01 |
| DOC, DSG, DOM | 01 |
| SGEx, CIE, C Com SEx | 01 |

### 2. GRANDES COMANDOS E GRANDES UNIDADES

| | |
|---|---|
| COTer | 02 |
| Comando Militar de Área | 01 |
| Região Militar | 01 |
| Região Militar/Divisão de Exército | 01 |
| Divisão de Exército | 01 |
| Brigada | 01 |
| Grupamento de Engenharia | 02 |
| Artilharia Divisionária | 01 |
| Comando Regional de Saúde | 01 |
| CAvEx | 01 |

### 3. UNIDADES

| | |
|---|---|
| Infantaria | 01 |
| Cavalaria | 01 |
| Artilharia | 01 |
| Batalhão de Manuntenção de Armamento | 01 |
| Batalhão de Manuntenção de Suprimento da Av Ex | 01 |

Base Logística ........................................................................................ 01
Engenharia ............................................................................................ 02
Comunicações ........................................................................................ 01
Batalhão Logístico ................................................................................. 01
Batalhão de Suprimento ......................................................................... 01
Forças Especiais .................................................................................... 01
DOMPSA ................................................................................................ 01
Parque Mnt ............................................................................................. 01
Esq Av Ex .............................................................................................. 01

## 4. SUBUNIDADES (autônomas ou semi-autônomas)

Infantaria/Fronteira ............................................................................... 01
Cavalaria ................................................................................................ 01
Artilharia ................................................................................................ 01
Engenharia ............................................................................................. 02
Comunicações ........................................................................................ 01
Material Bélico ....................................................................................... 01
Defesa QBN ........................................................................................... 01
Precursora Pára-quedista ....................................................................... 01
Polícia do Exército ................................................................................. 01
Guarda ................................................................................................... 01
Bia/Esqd/Cia Cmdo (GU e G Cmdo) ...................................................... 01
Cia Intlg/GE ........................................................................................... 01
Cia Transp ............................................................................................. 01
Cia Prec ................................................................................................. 01

## 5. ESTABELECIMENTOS DE ENSINO

ECEME ................................................................................................... 05
EsAO ...................................................................................................... 50
AMAN ..................................................................................................... 50
EsSA ...................................................................................................... 50
CPOR ..................................................................................................... 02
NPOR ..................................................................................................... 01
IME ......................................................................................................... 01
EsSE, EsCom, EsACosAAe, EsIE, EsMB, EsIMEx, EsAEx, EsPCEx,
EsSauEx, EsIMil, CIGS, CCFEx, CIGE, CI Pqdt GPB, CI Bld, CAAEx..... 01
EsAS ...................................................................................................... 20

## 6. OUTRAS ORGANIZAÇÕES

Arquivo Histórico do Exército ................................................................. 01
ADIEx/Paraguai ...................................................................................... 02
Bibliex ..................................................................................................... 01
Campo de Instrução ............................................................................... 01

Campo de Provas de Marambaia .................................................... 01
Centro de Embarcações do CMA .................................................... 01
Coudelaria do Rincão .................................................... 01
C Doc Ex .................................................... 01
C F N .................................................... 01
COMDABRA .................................................... 01
C R O .................................................... 01
D C Mun .................................................... 01
D L .................................................... 01
EAO (FAB) .................................................... 01
ECEMAR .................................................... 01
Es G N .................................................... 01
E M Aer .................................................... 01
E M A .................................................... 01
Hospitais Gerais e de Guarnições, Policlínicas, Campanha ...................... 01

**Este Manual foi elaborado com base em anteprojeto apresentado pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN).**